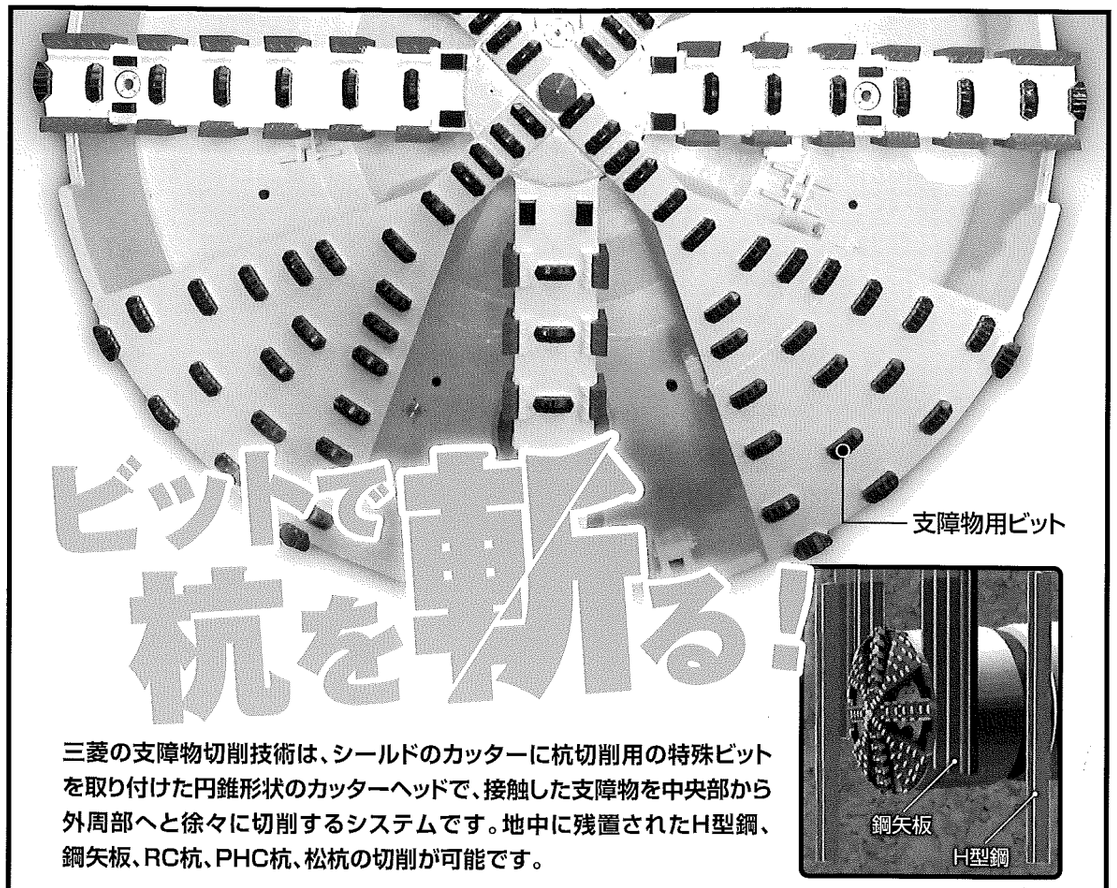
トンネルと地下　平成26年6月1日発行第45巻第6号
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂



ビットで杭を斬る！

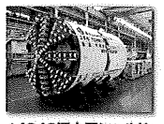
三菱の支障物切削技術は、シールドのカッターに杭切削用の特殊ビットを取り付けた円錐形状のカッターヘッドで、接触した支障物を中央部から外周部へと徐々に切削するシステムです。地中に残置されたH型鋼、鋼矢板、RC杭、PHC杭、松杭の切削が可能です。

特　長

- 切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。
- 泥土圧・泥水式どちらでも適用可能。
- 切削時の騒音、振動がほとんどなく、昼夜施工が可能。
- 周辺地盤の沈下などはほとんどなく、近接物への影響が小さい。

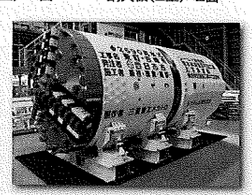
施工実績


φ2680泥土圧シールド
H型鋼(300H)×8本
鋼矢板(Ⅳ型)×2面


φ4240泥土圧シールド
H型鋼(350H)×6本
鋼矢板(Ⅵ型)×2面


φ4680泥土圧シールド
H型鋼(250H)×2本
鋼矢板(Ⅲ型)×2面


φ2780泥土圧シールド
RC杭(φ800, φ1000)×6本
PHC杭(φ350)×6本


φ2690泥水式シールド
鋼矢板(Ⅱ、Ⅲ型)×12面

三菱重工メカトロシステムズ(株)の支障物切削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社　都市開発部
神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号　TEL.078-672-2872　FAX.078-672-2869
東京都港区港南二丁目16番5号　TEL.03-6716-4092　FAX.03-6716-5833

定価 1,620円
本体価格1,500円
雑誌06619-6
4910066190644
01500

6月1日発行(毎月1回1日発行)　第45巻第6号　通巻526号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 6

vol. 45
no. 6
2014

Tunnels and Underground

NSの一次覆工の構造安定性評価法についての現場計測と三次元解析
力対策用プレキャスト部材によりシールドトンネルの床版を同時施工
河下軟弱地盤をφ8m大口径シールドで6.6mの小土かぶり・R60m急曲線施工
ーム拡幅のためシールドトンネルを解体し箱型トンネル化を計画
用中トンネルにおける中央部を鋼管構造としたインバート設置工法の研究

日本トンネル技術協会誌



FRD FURUKAWA

様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R-Ⅲ / JTH3200R-Ⅲ

国土交通省　第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工事用建設機械)指定機

新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新型油圧ドリフタHD210Ⅱ搭載

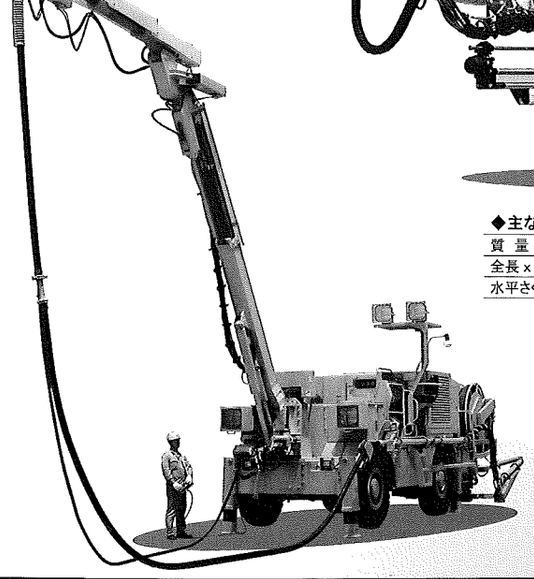


◆主な仕様	JTH2200R-Ⅲ 2ブーム、2ケージ	JTH3200R-Ⅲ 3ブーム、2ケージ
質　量	35.5 ton	44 ton
全長 x 全幅 x 全高	14.2m x 2.7m x 4m	14.8m x 3.1m x 4.2m
水平さく孔範囲(幅 x 高さ)	12.8m x 8.5m	13.2m x 8.8m

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-Ⅲ

自走式キャリアに、コンクリートポンプ、急結剤供給装置、コンプレッサ、高圧水ポンプ等、吹付け作業に必要な装置を搭載したコンパクトな一体型コンクリート吹付機です。



質　量	24 ton
全長 x 全幅 x 全高	15.6m x 3m x 4m
水平さく孔範囲(幅 x 高さ)	13.3m x 10m

古河機械金属グループ

FRD FURUKAWA 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

本　社　〒103-0027　東京都中央区日本橋一丁目5番3号　　特機部　☎03(3231)6966

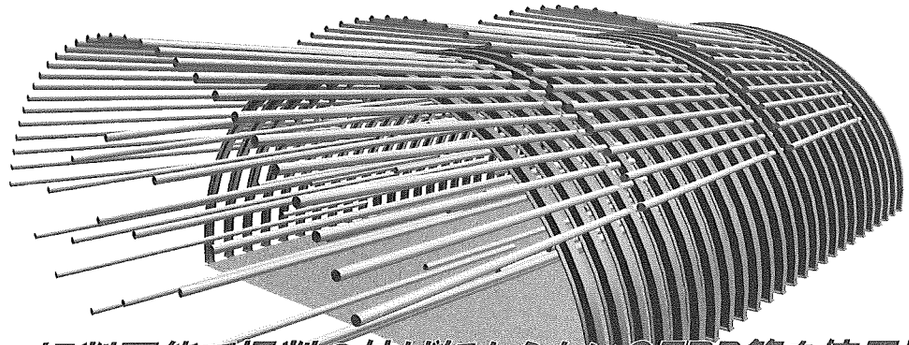
札　幌　☎011-786-2222　東　北　☎022-384-8991　関　東　☎027-326-9611　名古屋　☎0568-77-7700

関　西　☎06-6475-8221　広　島　☎082-832-3542　九　州　☎092-948-2010

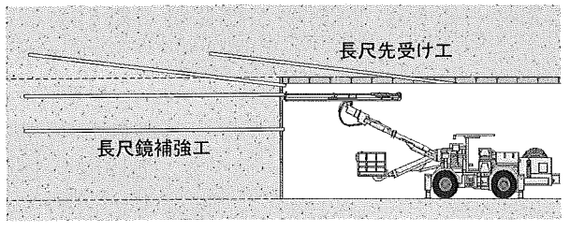
全方位 GFRP 管長尺補強システム

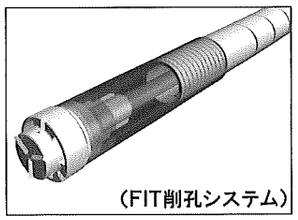
特許登録 第 2955279 号
NETIS登録(No. CB-030065)
施工実績 300 件以上

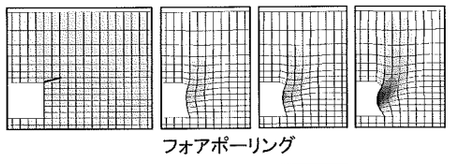
FIT 工法
FRP INJECTION TUBE

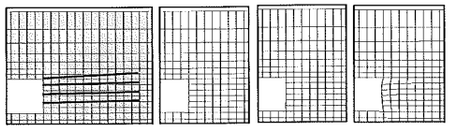


切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、
切羽前方地山を確実にホールドできます。



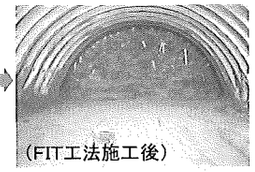

(FIT削孔システム)

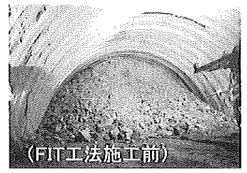

フォアポーリング

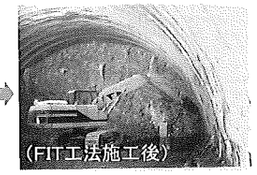

FIT工法

(数値解析による効果の検証例)


(FIT工法施工前)


(FIT工法施工後)


(FIT工法施工前)


(FIT工法施工後)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部　TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
大阪土木営業部　TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
札幌支店　TEL(011)751-4681 FAX(011)751-6482

ホームページ http://www.kfc-net.co.jp/

日本のインフラ維持が注目される今!!

アキレスTn-p工法

トンネル裏込補修用ウレタン注入工法　老朽化したトンネルを災害から守る新しい工法です



NETIS登録番号
KT-070035-A

1 超軽量で安全性向上

充填材が超軽量であり、覆工コンクリートの負荷を大きく軽減できます。

2 注入設備がコンパクト

注入設備がコンパクトで、4t車1台に全ての設備と材料を積載することが可能です。

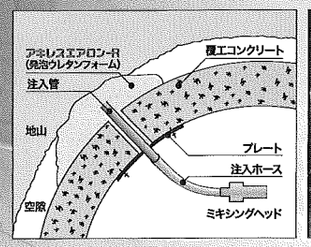
3 急速固化でリーク減少

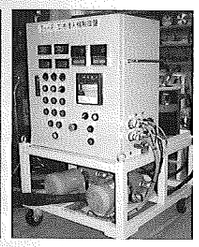
注入後、数分で発泡固化するため、亀裂等からの材料リークの危険性を低減できます。

4 環境対応型ノンフロン

発泡剤にフロン類を一切含まず、地球環境保護に貢献します。

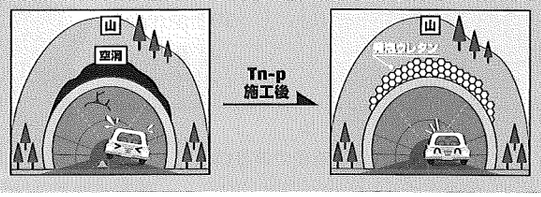
ノンフロン
明日のために、ノンフロン。





『アキレスTn-p工法』とは?

古いトンネル(矢板工法)の覆工コンクリート背面には、空洞が生じていることがあり、崩落の原因になりかねません。その空洞を『発泡ウレタン』で充填補修し、災害を防除するための工法です。



あなたの身近にいつも…
Achilles
アキレス株式会社

断熱資材販売部

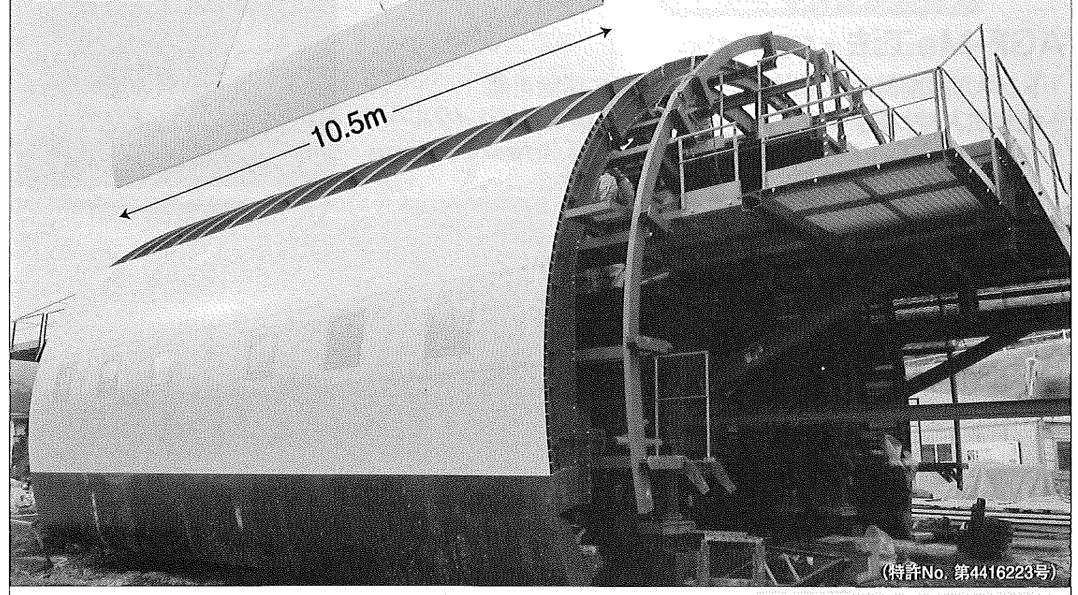
本　　社	〒160-8885	東京都新宿区大京町22-5	03-5379-4528
関西支社	〒530-0005	大阪府大阪市北区中之島2-2-7 23F	06-4707-2355
北海道営業所	〒061-3241	北海道石狩市新港西1-726-3	0133-73-9591
九州営業所	〒813-6591	福岡県福岡市東区多の津1-1-4	092-622-2871

Tn-p工法　検索
http://www.achilles-foamsystem.com/

新着ニュース

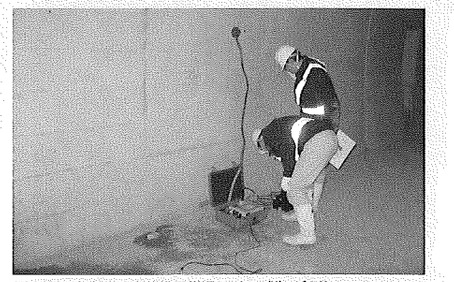
FRPセントルによる覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセントル ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

■透気試験状況



国土交通省東北地方整備局槻遣トンネル 鴇フジタ施工

国土交通省東北地方整備局が発注した東北中央自動車道(相馬～福島)の槻遣トンネル工事(全長1,492.8m)において、トンネル全線(非常駐車帯部を除く)で採用したFRP製セントルと非常駐車帯部で使用した鋼製セントルで施工された覆工コンクリートの表層部分の透気係数を測定することにより、コンクリートの中性化速度係数が30%～50%程度低下し耐久性が大幅に向上する事が実証された。

特徴

1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1／150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

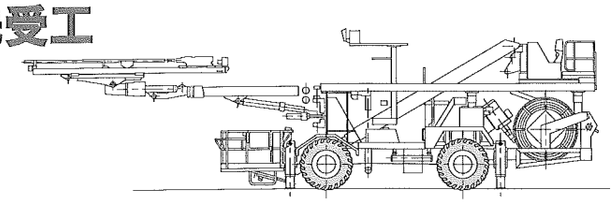
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

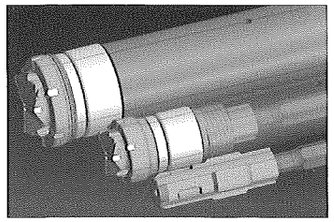
■ 本　　社	〒553-0006	大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル	TEL:06-6443-7060
■ 九州営業所	〒812-0011	福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号	TEL:092-409-8008
■ 指定工場	〒919-0441	福井県坂井市春江町定重(森本工業)	TEL:0776-51-2410

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

All Graund Fastening;
Long-Distance,.Fore-Pilling Method

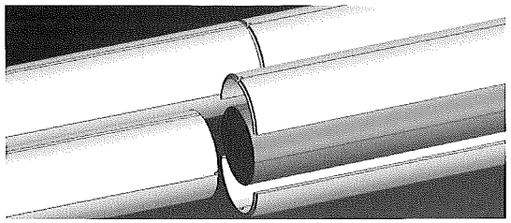


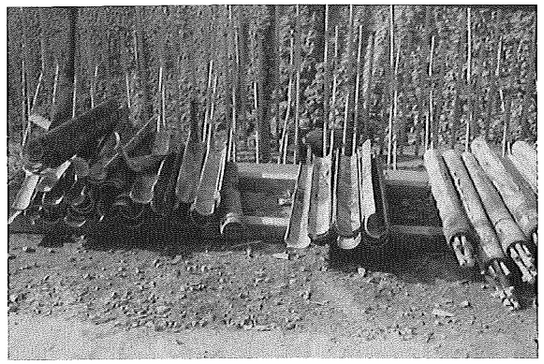


AGF-Me工法

- トンネル掘削時に露出した端末管を容易に切除可能
- 硬化注入材と鋼管を容易に分別処理して、鋼管はリサイクルへ
- 豊富なサイズ、114.3mm・101.6mm・76.3mm・60.5mm

最後端部に接続される鋼管は、縦貫通スリット管を用いることにより、掘削時に露出した鋼管を折り曲げ除去するだけで、内部の硬化した注入材と鋼管とを分離して、分別処理を簡便に行えるようにした環境対応型長尺鋼管先受工です。



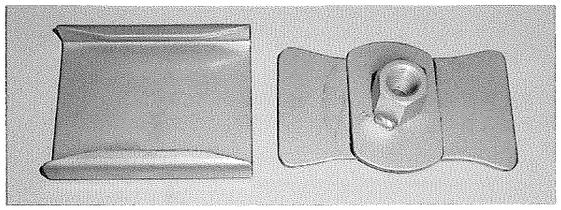


防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

- 防水シートへの穴あけ不要
- 一人で容易に取り付けが可能
- 外れ防止機構付き、施工後の高い安全性

固定方法は3ステップ
1. 支保工へ溶接したグリップに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押し込みます。
3. ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂２丁目アネックス６Ｆ
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL:http://www.tohokinzoku.co.jp

株式会社 トーキンオール
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel:**044-333-0012** Fax:**044-333-0321**
(お問い合わせ先)

日本で生まれ、世界へ広がる。
NATMの補助工法

当社は，注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング，長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして，数多くの実績を築いてきました．

スーパーＳＲＦは「湧水地山においても水の白濁や泡立ちがなく確実に発泡固結し，湧水に流されることなく効果を発揮する」という他の樹脂系注入材にはない圧倒的な優位性があります．更に，多くの特許を取得しているため，他が追従できない商品です．

補助工法ラインナップ

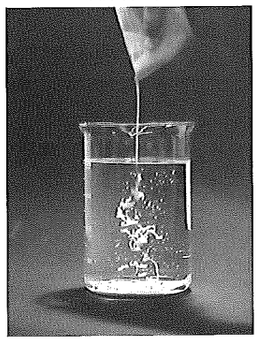
⇒ 注入式フォアポーリング
⇒ 各種 長尺フォアパイリング
⇒ 多重式 長尺フォアパイリング
⇒ エコリムーブ工法
⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

※特許取得，ＮＥＴＩＳ登録されているものがありますので，お問い合わせください．

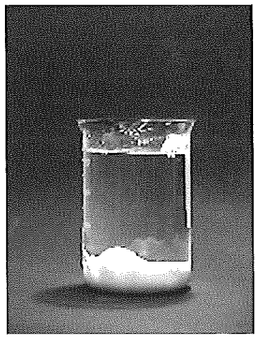
スーパー SRF の優位性

スーパーＳＲＦは，水に溶解，希釈することなく反応して発泡固結体を形成するため，湧水地山においても，水の白濁や泡立ちが発生せず，地山中に沈着し強固に結合するため，湧水に流されることなく卓越した効果を発揮します．これが他の樹脂系注入材には存在しない圧倒的な優位性であり，多くの特許を取得した「唯一無二」の技術です．

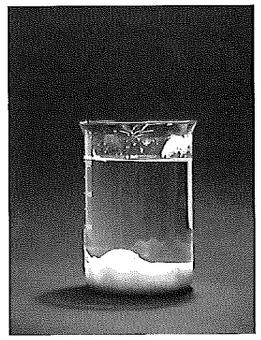
混合直後



３分後



１０分後



KATECS 株式会社 カテックス
建設資材事業部
ホームページ http://www.katecs.jp/

技術部・中部営業部
TEL) 052-331-8821 FAX) 052-332-0164
東京支店
TEL) 03-3260-8321 FAX) 03-3266-1648
東京支店 (仙台事務所)
TEL) 022-344-6041 FAX) 022-344-6042
関西営業所
TEL) 06-6578-3235 FAX) 06-6578-3237
九州営業所
TEL) 092-574-0856 FAX) 092-574-0846
北海道地区 (㈱エイチ・アール・オー)
TEL) 011-821-5868 FAX) 011-821-6644

全断面対応トンネル高速施工掘進機

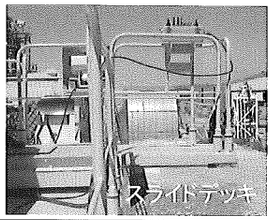
ロードヘッダ SLB-350S



全断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の 350kW-4/6P 定出力型 2 速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても充分な掘削能力を発揮します。
- 切削高さは最大 8.8m になり、大断面トンネルにおける全断面掘削、及び上半掘削が可能です。
  又、中折れブームを使用することで、ベンチ長を最大 5m まで確保できます。
- 低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々 1m の張り出しが可能であるため、下部掘削等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。



製造，販売，レンタル及びメンテナンス 株式会社 三井三池製作所

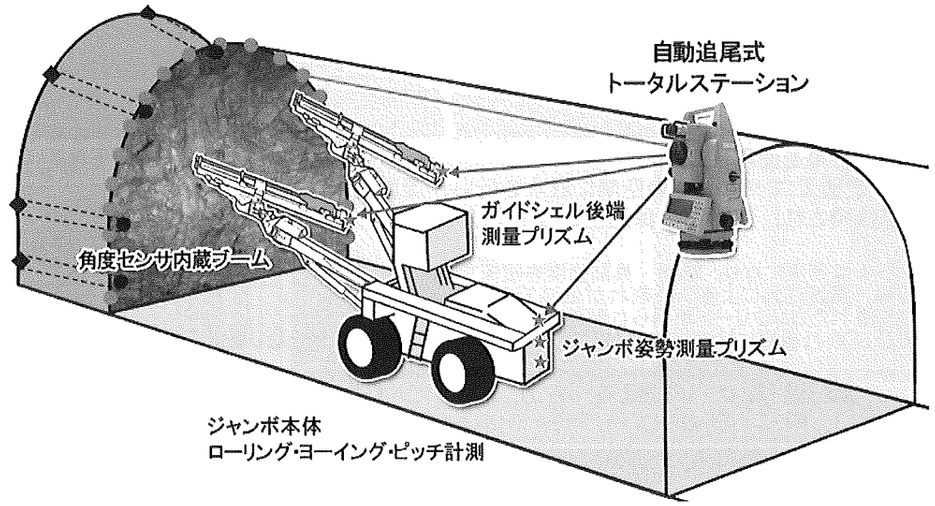
本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
産業機械営業部 TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203
http://www.mitsuimiike.co.jp E-mail：sanki@mitsuimiike.co.jp

NETIS登録番号:KK-100049-A

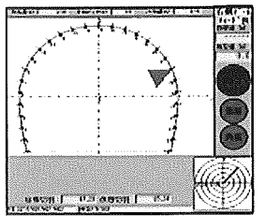
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

自動追尾式測量器（トータルステーション）との連動により、外周装薬孔の高精度さく孔を可能にしました。余掘量の低減に効果を発揮し、余吹き・覆工コンクリート量を低減することが可能です。



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

1. 最も重要な外周孔（追尾視準範囲）に限定することにより、従来のナビゲーションと比較し低コストを実現しました。
2. ガイドシェルの後端のターゲットを自動追尾することにより常に高い精度を得る事ができます。
3. 自動測量により本体セットアップが簡単に行なえます。
4. 操作方法が簡単でオペレータへの特別な教育を必要としません。

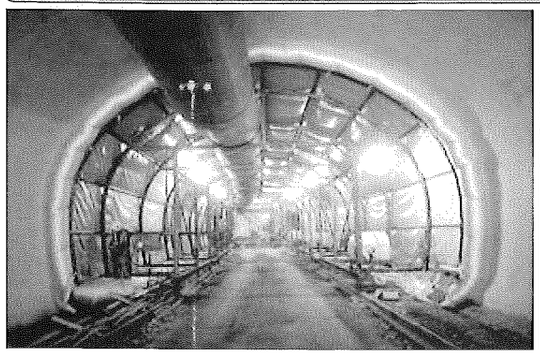
多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曽谷8-16-3
TEL:047-371-3191 FAX:047-371-3190

FRD FURUKAWA 古河機械金属グループ 古河ロックドリル株式会社
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部
TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

トンネル覆工コンクリートの品質革命

散水式による覆工コンクリート養生システム
『トンネルミスト®』　NETIS 登録 :CG-080012-A





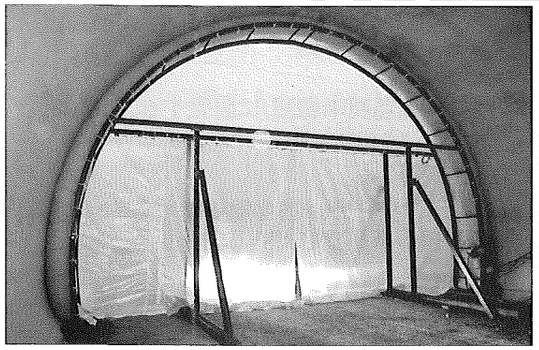
散水式養生台車を使用します.
養生シートと覆工コンクリートの空間に散水を行い，湿潤養生を行います.
気密性が保持され，保湿性・保温性が得られます.

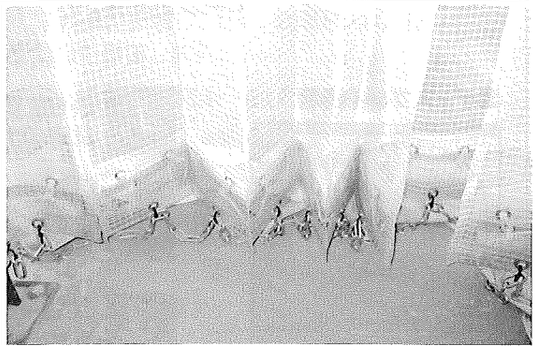
【効果】
・コンクリートは密実になり，初期・長期強度を確保できます.
・乾燥収縮・温度応力によるひび割れが低減できます.
・耐久性に優れたコンクリートが得られ剥離剥落を防止できます.
・従来のひび割れ補修に比べて工期が短縮でき，コストダウンが可能となります.

実績および採用決定
（平成 26 年 2 月現在）

施　主	実績	計画物件
国土交通省	32件	14件
NEXCO	8件	2件
その他	31件	11件
合　計	71件	27件

貫通後の通風を防止し，ひび割れを抑制します
『トンネルパーテーション』　NETIS 登録 :CG-110032-A





トンネル貫通後の坑口部に設置し，通風を防止します.
トンネル全断面を通風遮断シートで覆います.
固定式，移動式と用途に応じて仕様を選定できます.

【効果】
・貫通後の通風を防止できます.
・坑内温度・湿度を一定にできます.
・覆工コンクリートのひび割れが低減できます.

実績および採用決定
（平成 26 年 2 月現在）

施　主	実績	計画物件
国土交通省	4件	8件
NEXCO	3件	2件
その他	6件	9件
合　計	12件	19件

株式会社　マシノ　トンネルグループ

本　　社　〒733-0822　広島市西区庚午中 1 丁目 19-23
TEL（082）507-2737　FAX（082）507-2721
大阪支店　〒564-0062　大阪府吹田市垂水町 3 丁目 16-3
TEL（06）6389-6400　FAX（06）6389-6410

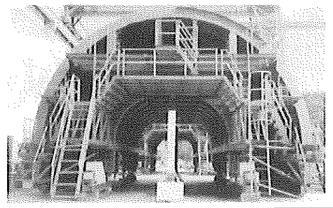
各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

東和機電工業株式会社　頴田（かいた）工場

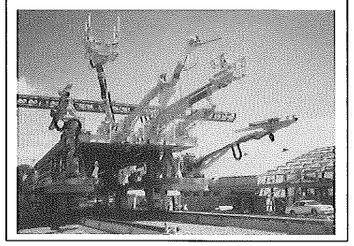
〒820-1111　福岡県飯塚市勢田（せいた）2594番地の18
電　話：(09496)2-3500(代表)
ＦＡＸ：(09496)2-6310
E-mail：info@towakiden.co.jp
ホームページ　http://www.towakiden.co.jp

道路・鉄道・水路トンネル用コンクリート型枠はもとより，
各種鋼構造物の設計・製造をおこなっております.

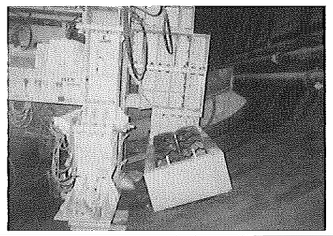
高流動コンクリート対応型
全断面ステンレスフォーム



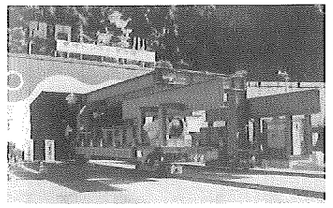
ワークステーション架台



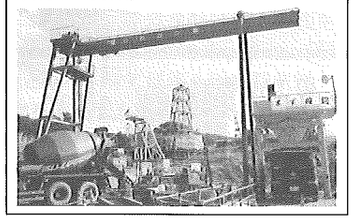
全輪タイヤ式インバート桟橋



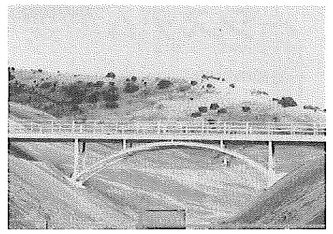
勾配対応全輪駆動式
トンネル床版撤去架台



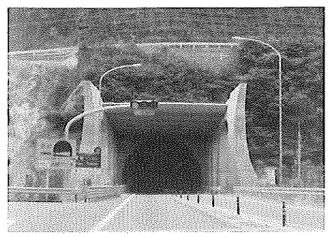
立坑ズリ出し設備
（4.5t×60m）



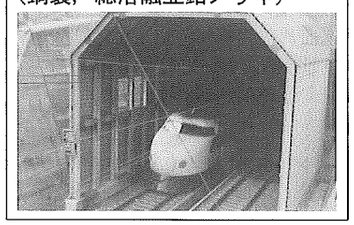
林道橋



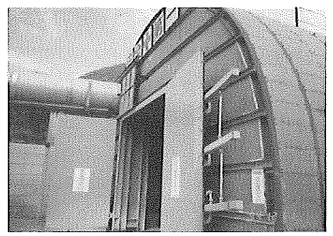
トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
（鋼製，総溶融亜鉛メッキ）



防音シェルター



離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては，
地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります.

連続ベルコンを通過させるセントルにおいて，ベルコン側の懐を拡げるためにガントリーを偏芯させ高強度化することは，弊社の所有特許です.

This May Debut

TAG Navi－V（換気自動制御）

Automatic Ventilation Control System

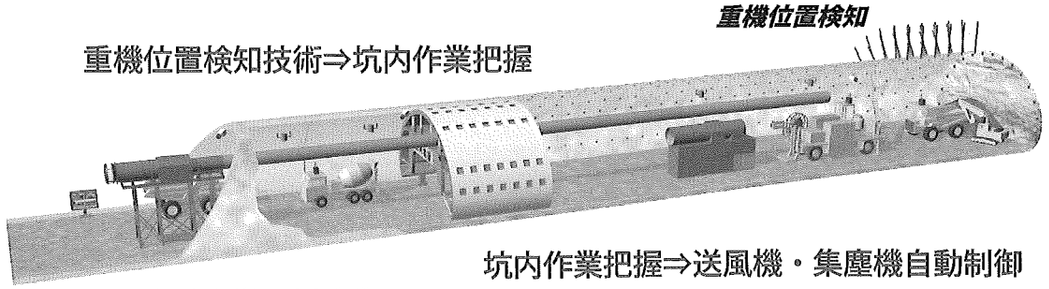
CYBER NATM

TAG Navi - V（換気自動制御）は坑内作業（削孔作業・ずり出し作業・吹付作業等）を切羽付近で自動検知し、作業データを坑外に設置しているコントラファンに無線伝送し、自動的にインバーター制御を行い、電気量とＣＯ2排出削減を目標とする新しい省エネルギー換気システムです

地球の為に出来ること

重機位置検知

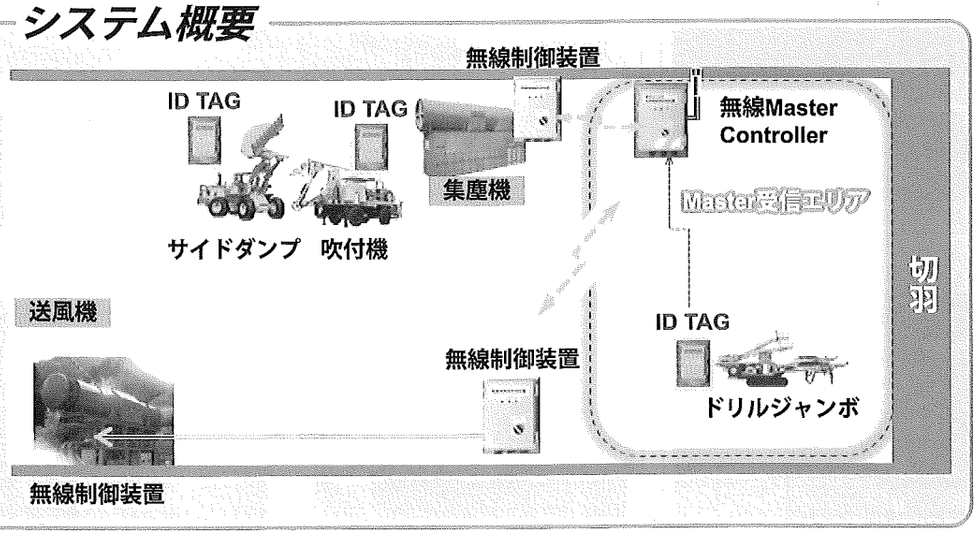
重機位置検知技術⇒坑内作業把握



坑内作業把握⇒送風機・集塵機自動制御

データ伝送・自動制御

システム概要



株式会社流機エンジニアリング

enzan kouboou

株式会社　演算工房　　*ENZANKOUBOU CO.,LTD.*

■京都本社　〒602-8268　京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地３

TEL：075-417-0100　FAX：075-417-0200

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭　　Ｂ５判　76 頁　定価 1,500 円＋税（送料別途）

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで！

振動や騒音の環境問題を詳述 !!

山岳トンネルといえば，何を思い出すであろうか．「貫通発破」を思い出す方が多いのでは．発破の響きとともに岩が壊れ，外の光が差し込み，風が流れる．この感動は昔も今もトンネル関係者にとって普遍である．しかし，意外にも発破技術について詳しい人は少ないのが現状である．近年，機械の性能の向上に伴い，TBMを含めた機械掘削は増加の傾向にあるが，硬岩掘削は効率の良さから従来と変わらず発破が多用されており，発破技術はトンネル技術者にとって基本事項である．また，発破も時代とともに進歩しており，火薬類はダイナマイトから含水爆薬が主流となり，電気雷管も耐静電気性のものとなり安全性は格段に向上している．また，起爆を高精度に制御できるIC雷管も登場し，振動の軽減を図るための制御発破技術も一段と進歩している．さらに，近年のトンネル作業の効率向上と安全環境の確保の面から，発破の機械化，自動化が進められている．削岩機においては，自動的に位置を決めて穿孔するコンピュータジャンボも開発されている．また，2004年3月には火薬取締法施行規則の改正により，含水爆薬に関して移動式製造設備で火薬類を製造しながら装薬ができるようになり，爆薬の機械装填についても準拠できる基準が示された．これにより，含水爆薬の自動装填技術の取り組みも積極的になされている．

本書は，「トンネルと地下」に連載した「発破技術の現状」に若干の加筆，整理をして書籍化したものである．本書は，若いトンネル技術者にも発破技術が理解できるように，火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げるとともに，火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく説明している．これだけまとまった発破技術の書籍が少ないため，ぜひ，多くの技術者に参考書として手元において愛読していただきたい．

〈主要目次〉

第１章　現状と展望，第２章　火薬類の基礎知識，第３章　発破技術の基本，
第４章　新しい発破技術，第５章　発破と環境問題，資料

お申し込みは当社へ FAX，または，お近くの書店にてお申し込みください．FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は，書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記の上，お申し込みください．

株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町 16 メイジャー神楽坂

TEL　03-3267-2888　　FAX　03-3267-2807

月刊推進技術
定期購読のご案内



定期購読料金12,337円 1冊1,130円/月×12ヶ月（税・送料込）

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO_2排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,337円（毎月1冊×12ヶ月　税・送料込）をお支払いください。

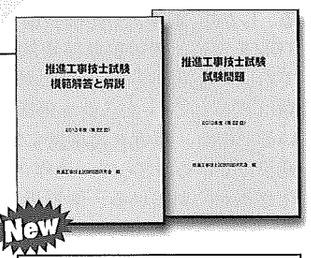
詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

定期購読のお申し込みは
右のQRコード
または本誌ホームページから

http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/ 月刊推進技術 検索

お問い合わせ先
月刊推進技術 編集室
http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/
〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201 株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lsweb.co.jp

推進工事技士試験　過去12年間（平成14～25年度）
試験問題と模範解答・解説集
推進工事技士試験問題研究会編



平成25年度版発売中!!

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、技能を適正に認定することを目的に㈱日本下水道管渠推進技術協会（現㈶日本推進技術協会）が平成4年度より実施している制度で、管渠施工の安全性と品質を確保する上で有益な制度です。

解答付きの解説書に対する受験者の皆様からのご要望に応えて、この程、推進工事技士試験過去問題集を刊行しました。受験対策書としてご活用いただければ幸いです。

1．内容と特長
- ○過去11年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- ○各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- ○解説には設問に採用された図書（推進工法体系）の出典箇所を明記

2．価格

各年度単位に1set 2,000円（消費税・送料込）

3．申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。
ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社（団体）名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。
これらのことをインターネットでご案内しています。 推進工事技士試験 検索

お問い合わせ先
株式会社 LSプランニング
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/
〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lsweb.co.jp

トンネル工事からパンクを追放
坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

建設車両のタイヤのパンク、磨耗、破損を大幅に低減、車両の有効利用、修理に伴う人件費の削減等、工事の進捗に大いに貢献します。

- タイヤ間の間隙が無いため石を噛まない
- サイドの切断に強い
- 石および普通釘に強い
- 弾性波

0～20（約2年）　20～30（1年6か月）
30～40（約1年）　40～50（6か月）

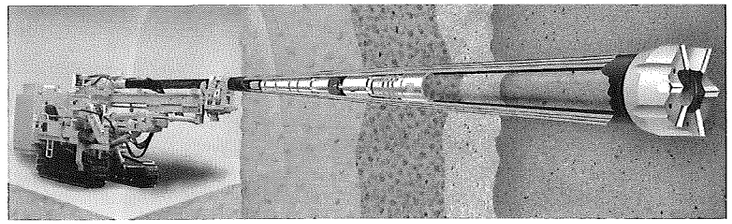
【営業品目】複層タイヤ／油圧ホース／マテリアルホース／各種中古車／触媒／線路（中古）

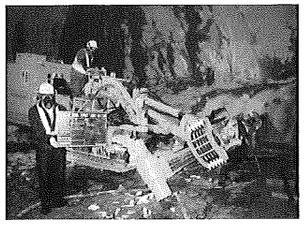
中濃産業株式会社
代表取締役 土田義弐
本　社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241㈹ FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990㈹

トンネル掘さくの安全施工に
アロードリル前方探査システム
パーカッションワイヤーライン サンプリング工法

■断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行なえ、施工時間が大幅に短縮できます。

■2重管ワイヤラインサンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、コアサンプルの採取率が従来と比べて大幅に向上しました。





地球にKOKEN する会社。
鉱研工業株式会社
本　社 〒171-8572 東京都豊島区高田2丁目17番22号　目白中野ビル1階
TEL(03)6907-7888(大代表) FAX(03)6907-7527

お問合せ先：エンジニアリング本部 エンジニアリング部
TEL. 03-6907-7512 FAX. 03-6907-7522
http//www.koken-boring.co.jp

北海道支店：(011)561-4961　東北支店：(022)762-6075　信越支店：(025)275-6877　首都圏事業部：(03)-6907-7511
大阪支店：(06)6385-0350　中国支店：(083)972-8757　九州支店：(092)924-5001　海外事業部：(03)-6907-7515



トンネルが貫通するまでの長い道のりの中で、工事完了までの間に大いなる違いを生む原動力となるのは、トンネル進捗率における日々改良の積み重ねです。もちろん、発破のたびに進捗度を上げたいとご希望されることでしょう。

オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することができます。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-T™、高エネルギーエマルション爆薬の結果をご覧になることができます。これらはすべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership（パートナーシップの力）」です。

www.oricaminingservices.com
にアクセスして頂ければ、トンネル現場の最新技術をご覧になることができます。

ORICA
MINING
SERVICES

スーパージャッキシステム

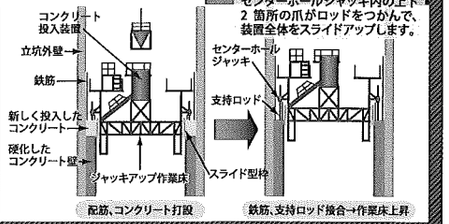
トンネル・地下工事に貢献！

立坑スリップフォーム工法

- コンクリート連続打設で工期短縮
- 型枠・足場組ばらし不要
- 掘削・グラウトスカフォード兼用でコストダウン

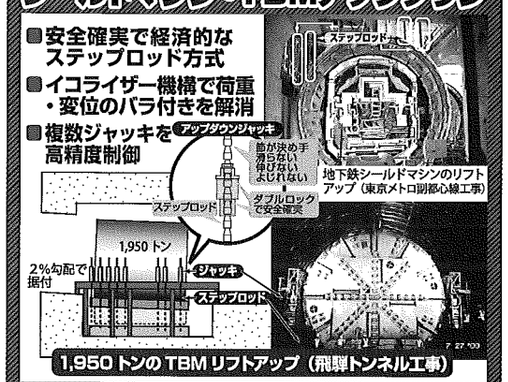


センターホールジャッキ内の上下2箇所の爪がロッドをつかんで、装置全体をスライドアップします。



シールドマシン・TBMアップダウン

- 安全確実で経済的なステップロッド方式
- イコライザー機構で荷重・変位のバラ付きを解消
- 複数ジャッキを高精度制御



営業品目 ■ジャッキリース・オペレータ
■架台・型枠足場　設計・製作・据付工事

JFE シビル 株式会社
都市基盤営業部　特殊工法グループ

〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号（JFE蔵前ビル）
TEL:03-3864-5293　FAX:03-3864-7319
URL http://www.jfe-civil.com/　E-mail jack@jfe-civil.com

VOLVO 建設機械

TMS Techni-Métal Systèmes

高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応



ボルボ事業部　担当：浅野
TEL0538-66-1215　FAX0538-66-6162

多目的運搬台車
4次オフロード法取得　レールからの解放



TMS 社 日本総代理店
担当：渡邊

Yamazaki Machinery

山崎マシーナリー株式会社
〒438-0216　静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211　FAX0538-66-6410

ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



クローラーだから小旋回
斜路、軟弱路盤等悪路に強い!!
後部運転席付。小断面でも前後進が可能!!

【仕様】	ゴムクローラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー:カヤバ製（混合容量4.5m³）		
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離	3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長	9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅	700mm
最低地上高	530mm		（100ピッチ×98リンク）
空車質量	11,000kg	セメント積載時質量	22,000kg
形　式	三菱6D-TLE2B	定格出力	165kw/2,700min
排気量	7,545cc	最大トルク	700N・m/1,300min
速度1段	最大 7.6km/h		
速度2段	最大 20.0km/h		
空車時接地圧	20kpa	搭載時接地圧	40kpa

【TGM-MR45T Ⅱ 仕様】
- ドラム回転電動式（オプション）
- 生コン荷下時使用後部アウトリガー
- ドラム回転&アイドルアップ機構
- オフロード法少数特例承認機（承認番号） NS-641

T&M
Tunnel & Mining
ニシオティーアンドエム株式会社
山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業
http://www.nishio-tm.co.jp

〒569-0836
大阪府高槻市唐崎西2-26-1

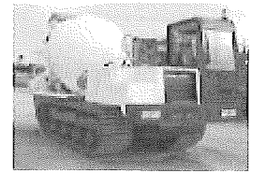
■北海道営業所
tel：0133-72-3715
fax：0133-72-3716

■東北営業所
tel：0198-26-0240
fax：0198-26-0241

■関東支店
tel：0268-62-1426
fax：0268-62-1999

■大阪支店
tel：072-677-2101
fax：072-677-2109

■九州支店
tel：0982-26-2111
fax：0982-26-2290

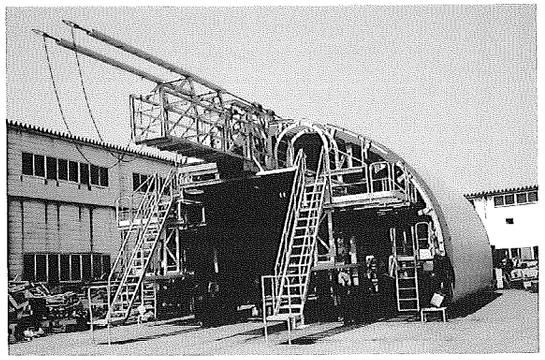


要求性能を満たす
覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V

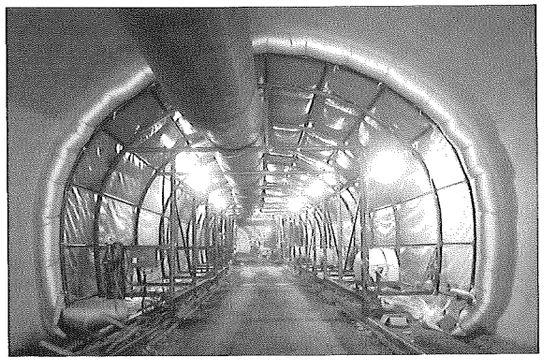


期待される効果・特徴

- トンネルクラウン部の締固めと密充填が出来る
- 高品質な覆工コンクリートが形成出来る
- 鉄筋区間で一部主筋をずらして使用することが出来る
  (但し，カーブ区間はケーブル式を推奨します)
- 覆工表面の縞模様を減らすことが出来る

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A （製造：株式会社マシノ）



期待される効果・特徴

- セントルと養生台車を連続してシートで覆い，坑内通気から遮断し，乾燥収縮クラックを防止する
- 脱型直後の覆工コンクリートに水を噴霧し，湿潤状態を保持し，初期強度を向上させる
- 養生中に追加噴霧することで湿潤状態を長期保て，覆工コンクリートの長期強度が増進する
- ３台連結することにより７日間の湿潤養生が出来る

北陸鋼産株式会社

(旧社名　株式会社 佐賀)

URL http://www.hokuriku-kosan.co.jp

射水工場：〒934-0056 富山県射水市寺塚原 720 番 1　TEL0766(82)1500　FAX0766(82)1501

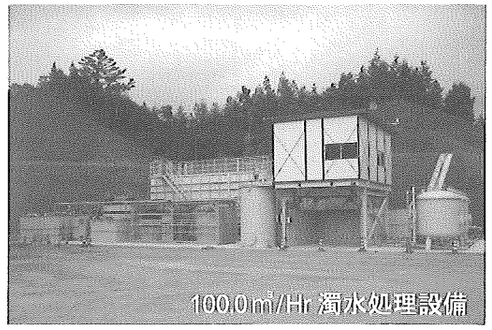
滑川工場：TEL076(476)0333　FAX076(475)9121　東北営業所・工場：TEL0223(32)2420　FAX0223(32)2423

東京支店：TEL03(3851)1016　FAX03(6908)6789　大阪支店：TEL06(4963)3520　FAX06(4963)3521

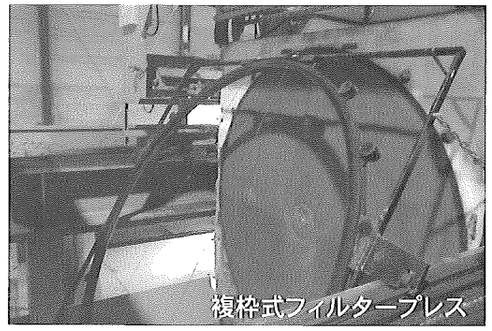
濁水処理からズリ出しまで
トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0㎥/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

1. シックナーを大型化し，沈降面積を増やし槽内流速を抑えています
2. 複枠式フィルタープレスにより，確実な自動運転を実現しています
3. 砂ろ過装置，高分子自動溶解装置等豊富なオプション設備で様々な条件に対応します

≪汎用車輌全般≫



VOLVO ダンプトラック (A25CTS,A25CTR,A20/30CT)

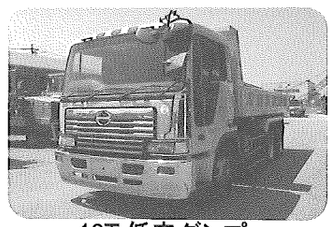




10T ミキサー



4.5㎥ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車輌 取り扱っております

株式会社 フジテックス

〒930-0821　富山市飯野 12-1　TEL (076)452-1616(代)　FAX(076)452-1617

トンネルと地下　6月号目次　Vol.45, No.6, 2014 Jun.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

人を育て，技術を継承していく

濱邉　修一……5

■研　　究

供用中トンネルにおける中央部を鋼管構造としたインバート設置工法の研究

岩尾　哲也・北村　　元・西村　和夫・安井　成豊……55

■計　　画

ホーム拡幅のためシールドトンネルを解体し箱型トンネル化を計画

—東京メトロ東西線　木場駅—

福田　隆二・山中耕太郎……47

■施　　工

SENSの一次覆工の構造安定性評価法についての現場計測と三次元解析

—北海道新幹線　津軽蓬田トンネル—

宮嵜　俊彦・三上美輝雄・津野　　究・水原　勝由……7

浮力対策用プレキャスト部材によりシールドトンネルの床版を同時施工

—国道357号　東京港トンネル—

松澤　尚利・畦地　拓也・佐藤　卓哉・岩端　一也……17

運河下軟弱地盤をφ8m大口径シールドで6.6mの小土かぶり・R60m急曲線施工

—東京都下水道　砂町水再生センター雨水放流渠—

久本　洋二・菅井　雅之・佐藤　　工・磯崎　智史……25

■連載講座

都市トンネルのための地盤改良工法（1）

—概　要—

「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会……65

■現場だより

ラクビーとヒツジの国から

玉井　昭雄……16

■語り継ぎ　言ひ継ぎ行かむ

生きている山とともに

水本　節生……35

■資　　料

土木情報

編　集　部……34

工法・技術・製品ニュース

編　集　部……73

トンネルジャーナル

編　集　部……72

■会　　報

会　　報

日本トンネル技術協会……74

温泉とは？　温泉の有効利用は？　この1冊であなたの疑問を解決します!!



続　きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井　康夫・俣野　恭寛　共著

新書判217頁　本体価格1,200円(税込1,296円)

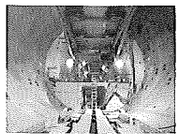
【主要目次】1.バブル景気と『ふるさと創生一億円』　2.バブル崩壊後の温泉景気　3.温泉とは　4.温泉の分布と特徴　5.温泉の成因と寿命　6.温泉の探査技術　7.温泉談義アラカルト　8.外国の温泉　9.日本の地熱開発　10.将来の温泉開発と建設の考え方

お申し込みは当社へFAX，または，お近くの書店にてお申し込みください

株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂　TEL 03-3267-2888　FAX 03-3267-2807

【表紙説明】　浮力対策用プレキャスト部材によりシールドトンネルの床版を同時施工

—国道357号　東京港トンネル—



国道357号東京港トンネル（羽田方面行き）は延長1,880mで，そのうち海底下を含む1,470mを泥土圧式シールド工法，地上へのアプローチ部を掘割構造で構築する．

本工事では土かぶり重量が小さく，地山強度が期待できないため，トンネル自重にて浮力に抵抗する必要があった．そのため，プレキャスト部材で路盤を構築し，構内の資機材搬入などを車両で行う工法を採用した．写真は，重量付加部材を設置したトンネル全景である．

〔**写真提供**：国土交通省〕（本文17頁参照）

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

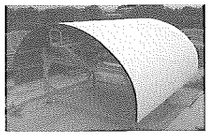
コンクリートトータル養生システム



加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



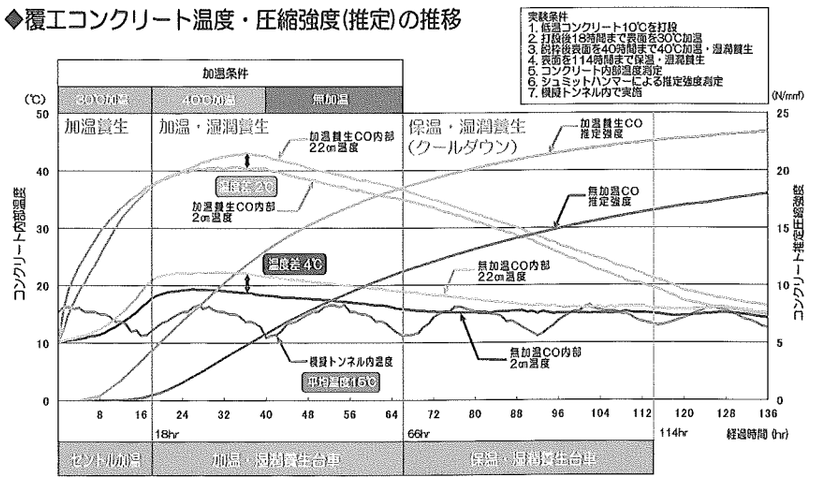
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

コンクリート打設完了から養生完了までのコンクリート内部温度及び推定強度を表示します
必要なコンクリート強度から使用者の判断で任意に加温設定が可能です

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

本社 岐阜県瑞穂市田之上 811 番地　TEL 058-257-1000(代)　FAX 058-257-1013
営業部本部 TEL 058-257-1001 東京支店　TEL 03-5836-0531 札幌営業所 TEL 011-374-7027
仙台営業所 TEL 022-259-2239 九州営業所 TEL 092-918-3880 宮古出張所 TEL 0193-77-5472

【製作・販売協力】
テクノプロ株式会社
株式会社 東宏

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成（五十音順・敬称略）

〔主　　査〕

大　島　洋　志　　国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔幹　　事〕

居　相　好　信
株式会社大林組生産技術本部統括部長

伊　藤　　聡
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
改良建設企画課長

岩　田　美　幸
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大　津　敏　郎
株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部
トンネル専門主幹

久多羅木　吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長

小　松　敏　彦
前田建設工業株式会社土木事業本部土木部
担当部長(トンネル)

志　岐　　寛
清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部
部長

西　岡　和　則
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長

長谷川　雅　彦
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

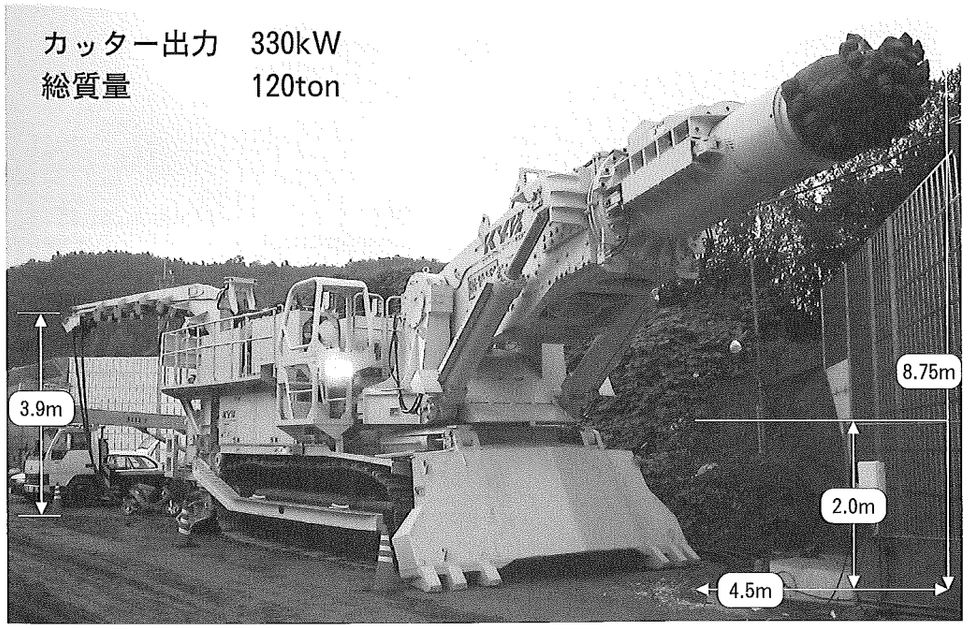
藤　井　義　文
株式会社竹中土木執行役員

松　原　利　之
飛島建設株式会社建設事業本部
エンジニアリング事業推進部長

吉　富　幸　雄
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル室参与

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー





KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

http://www.kyb-ksm.co.jp

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL 03-5733-9444
カスタマーサービス 相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル	TEL 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL 059-234-4111

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

大島洋志　国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔編集参与〕

木谷日出男
国際航業株式会社フェロー技術開発センター
地盤研究室長

小山幸則
立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

今田徹
東京都立大学名誉教授

高橋良文
東京都下水道サービス株式会社専務取締役

〔委員〕

大津敏郎
株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部
トンネル専門主幹

岡田龍二
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
技術基準担当課長

佐原圭介
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐

清水満
東日本旅客鉄道株式会社建設工事部兼設備部
構造技術センター次長

高田武
東京都水道局建設部工務課長

高橋晃
東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー
工務部流通土木グループマネージャー

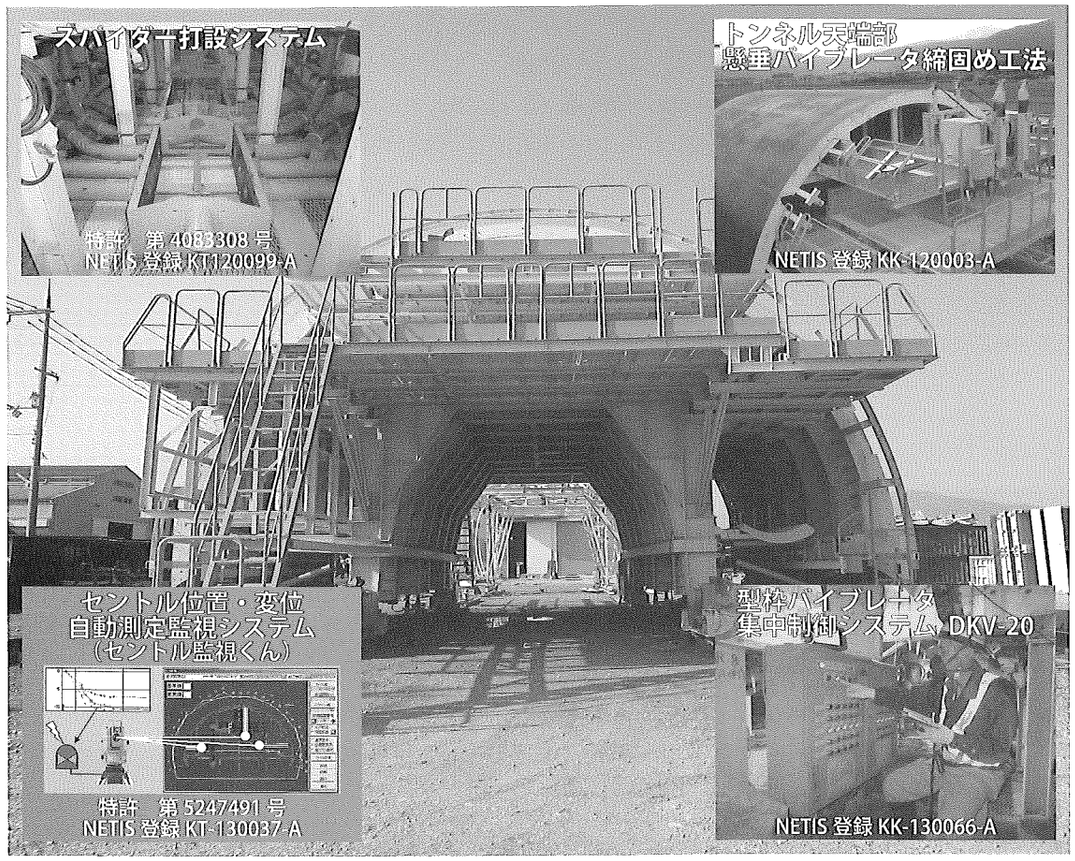
谷内雅之
東京都交通局建設工務部計画改良課長

真下英人
国土交通省国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部長

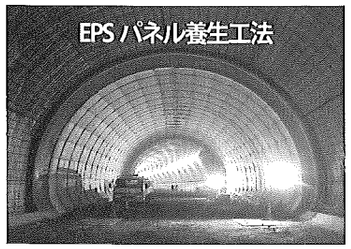
焼田真司
公益財団法人鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員

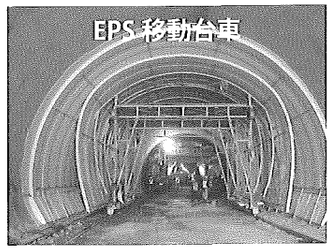
柳雄
東京都下水道局建設部設計調整課長

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



新しいタイプの覆工コンクリート養生システム





EPS パネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画		
施主	実績	計画中
国土交通省	27	1
NEXCO	6	1
地方自治体	14	3
鉄道・運輸機構	1	0

平成25年12月1日　現在

実施権許諾第 10396 号
NETIS 登録（No.CB-090003-A）

一歩前進！　～限りない未来への挑戦～

㈱ 大栄工機株式会社

本社　〒526-0842　滋賀県長浜市春近町 90 番地　TEL 0749-64-0246　FAX 0749-63-6765
URL http：//www.daieikouki.co.jp/　E-Mail：daiei-co@minos.ocn.ne.jp
営業品目　各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売　※詳しくはホームページを御覧ください

トンネルと地下　VOL. 45　No. 6　掲載概要

掲載頁 7

SENSの一次覆工の構造安定性評価法についての現場計測と三次元解析
—北海道新幹線　津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構　宮嵜　俊彦

津軽蓬田トンネルは，北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間に位置する延長6,190mのトンネルである．通常の掘削では切羽の不安定化が予想される地質状況であったことから，安全性，施工性，経済性に優れたSENSを採用し，平成24年10月に無事貫通した．

SENS施工は，本トンネルが2例目であり，場所打ちライニング(一次覆工コンクリート)および内型枠の設計の妥当性などについて，一次覆工コンクリートの挙動のメカニズムを解明するため，現場計測とSENS施工過程における一次覆工コンクリートの強度特性などを考慮した三次元解析を実施し，2種類の構造安定性評価法により検証を行った．

結果として，トンネル構造の安全性が確認でき，2種類の安定性評価法のうち，耐荷機構モデルがより実態に近い評価ができることが確認できた．

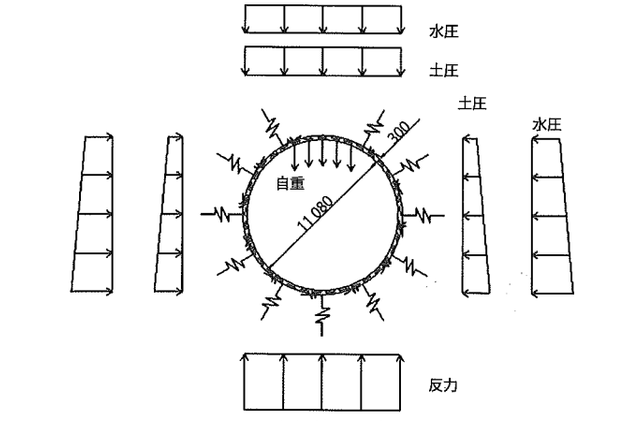
On-site Monitoring and Three-dimensional Analysis for Structural Stability of SENS Primary Lining —Hokkaido Shinkansen Tsugaru Yomogita Tunnel—

By Toshihiko Miyazaki, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Tsugaru-Yomogita Tunnel is a Shinkansen tunnel of 6,190 m in length and is located between Shin-Aomori station and Shin-Hakodate station (temporary name) on the Hokkaido Shinkansen. As the geology were expected to make the cutting face unstable when conventional tunneling method is used, SENS, which is superior in stability, workability and economy, was adopted and breakthrough was achieved in October, 2012.

This was the second example of SENS technique and in order to clarify the behavioural mechanisms of primary lining concrete to assess the validity of the design of cast-in-place lining (primary lining concrete) and internal form, on-site monitoring and three-dimensional analysis considering the strength characteristics of primary lining concrete in the SENS working process and others were conducted and two types of structural stability analysis were used for verification.

As a result, it was possible to confirm the stability of the tunnel structure and of the two types of stability analysis; the bearing mechanism model was confirmed to allow assessment closest to actual behaviour.



図は荷重モデル

掲載頁 17

浮力対策用プレキャスト部材によりシールドトンネルの床版を同時施工
—国道357号　東京港トンネル—

国土交通省　松澤　尚利

国道357号東京港トンネル(羽田方面行き)は延長1,880mで，そのうち海底下を含む1,470mを泥土圧式シールド工法，地上へのアプローチ部を掘割構造で構築する．

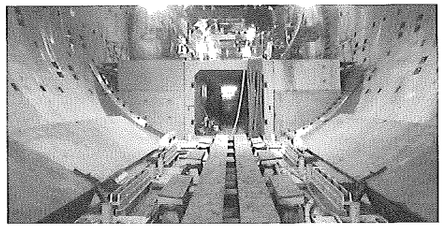
本工事では土かぶり重量が小さく，地山強度が期待できないため，トンネル自重にて浮力に抵抗する必要があった．そのため，プレキャスト部材で路盤を構築し，構内の資機材搬入などを車両(ダンプトラック)で行う工法(「ボックスダンプ工法」と称す)を採用した．

本稿は，厳しい施工環境(海底下，軟弱地盤，小土かぶり)のなか，安全にシールドトンネルを到達させるために採用した「ボックスダンプ工法」の施工実績について報告する．

Assemble Road Slab with Precast Members for Controlling Buoyancy—National Highway 357 Tokyo Port Tunnel—

By Naotoshi Matsuzawa, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

National Highway 357 Tokyo Port Tunnel (for Haneda) is 1,880 m long. 1,470 m of it was constructed with the slurry shield and the rest was trench.



写真はセグメント供給装置

As the load of cover soil on the tunnel was small and it was not possible to expect ground strength, it was necessary to control buoyancy with tunnel weight. In order to do this, road slab were assembled with precast members and equipments, etc. were carried in/out the tunnel with vehicle (dump trucks) (called the box dump technique).

This report contains information on construction results for the box dump technique that was adopted in order to build shield tunnel in safe under difficult construction condition (subsea, soft ground, small cover).

掲載頁 25

運河下軟弱地盤をφ8m大口径シールドで6.6mの小土かぶり・R60m急曲線施工
—東京都下水道　砂町水再生センター雨水放流渠—

東京都下水道局　久本　洋二

「東京都砂町水再生センター雨水放流渠工事」は，軟弱な有楽町下部粘性土層を掘削対象とし，最小土かぶり6.6m，R＝60m急曲線と砂町運河下の横断を含む延長1,539m，φ8mの大口径シールド工事である．急曲線部ではセグメントが受ける施工時せん断荷重が大きく，従来のリング間継手では耐力不足となるため，新たに嵌合リング継手を開発した．実大実験と現場でのせん断力計測により，嵌合リング継手の有効性，施工時荷重の発生傾向を確認することができた．また，感潮域である砂町運河を小土かぶりで横断するための間隙水圧の変動と連動した泥水圧管理，軟弱地盤における高精度掘進のためのテールクリアランス・真円度常時計測の導入などについてもあわせて報告する．

Drive Large Shield TBM of Dia. 8m around Sharp Curve of R. 60m under Small Cover of 6.6m in Weak Ground under a Canal—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government Sunamachi Water Recycling Centre Rainwater Discharge Tunnel—

By Yoji Hisamoto, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Tokyo Metropolitan Sunamachi Sewerage Treatment Plant Rainwater Discharge Tunnel works were to construct a large tunnel of 8 m in diameter and 1,593 m in length which geology was weak cohesive soil of lower Yurakucho and which alignment contained small cover of 6.6 m, an sharp curve of 60 m in radius and crossing under the Sunamachi canal. As the shear load at work that segments were subjected to at the sharp curve was great and it would exert unbearable force to conventional ring joints, a new set-in ring joint was developed.



写真は急曲線区間(右60R)

Through full-scale experiments and on-site measurements of shear force, it was possible to confirm the validity of new set-in ring joint and occurrence tendency of load at work. This report also contains information on controlling technique of slurry pressure related to changes in pore-water pressure in order to drive shield TBM under Sunamachi canal in estuarine basin and the introduction of continuous monitoring of tail clearance and tunnel circularity for driving TBM with high precision in weak ground.

掲載頁 47

ホーム拡幅のためシールドトンネルを解体し箱型トンネル化を計画
—東京メトロ東西線　木場駅—

東京地下鉄(株)　福田　隆二

東西線木場駅において，近年近隣の開発が進んだことによる利用者の増加，および既設駅が狭隘なことから，ラッシュ時にはホーム上における滞留が発生し利用者の安全性を脅かす要因となっている．

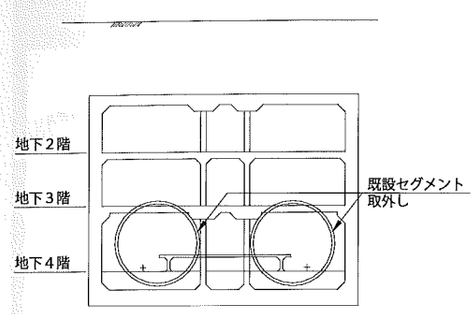
本計画はホーム上の混雑を緩和し，利用者の安全性の確保および，利便性の向上を目的としている．

立坑部を出入口とした2面2線の単線シールド駅(ホーム幅員片側3.0m)の延長約70.0mをボックスカルバートに改良し，1面2線(ホーム幅員12.0m)とすることにより利用者の滞留空間を確保する．またホーム階～改札階間のエスカレーターを3基増設することにより利用者の分散が図られ，ホーム上の混雑緩和が期待できる．

Plan to Dismantle Twin Shield Tunnel and Build Box Tunnel in order to Widen Platform—Tokyo Metro Tozai Line Kiba Station—

By Ryuji Fukuda, Tokyo Metro Co., Ltd

Due to recent development of the area surrounding Kiba Station on the Tozai Line, the number of passengers has increased and the existing station facilities have become narrower. Passengers flow in station is disrupted on the platform during rush hour. This is a threat to the safety of passengers.



図は計画横断面図

This plan aims to alleviate crowding on platforms to ensure passenger safety and improve convenience.

Creating twin shield tunnel in length of 70.0m between two entrance shafts each of which contains the one platform and one single track (platform width on one side: 3.0m) into a larger RC box tunnel containing one platform and two tracks (island platform width: 12.0m) ensure space for passengers to stand during rush hour. In addition, by increasing the number of escalators between the platforms and the station entrance by three, it is expected that passengers will be dispersed and crowding on the platforms will be alleviated.

掲載頁 55

供用中トンネルにおける中央部を鋼管構造としたインバート設置工法の研究

(株)高速道路総合技術研究所　岩尾　哲也

NEXCO3社が管理する高速道路トンネルにおいて，トンネル底盤部が隆起する盤ぶくれ現象が見受けられる．盤ぶくれ発生箇所の大半は，建設時にインバートが設置されていない，泥岩などの長期的に強度低下が懸念される地山である．

このような盤ぶくれにもっとも効果的な対策工はインバートを設置することであるが，供用中の標準的な断面の高速道路トンネルにおいて通常のインバートを設置するためには，トンネルを一定期間通行止めにして施工することが必要となる．しかし，高速道路の通行止めは社会的影響も大きく，できる限り避けることが望まれることから，通行止めを要しないインバート設置工法の新工法の検討を行うこととした．

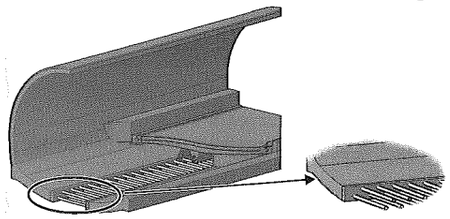
本稿はこの新工法の研究開発に関する主な検討内容を紹介するものである．

Invert Building Technique by The Compound Structure using Steel Pipes in A Tunnel under Service

By Tetsuya Iwao, Nippon Expressway Research Institute Company Limited

The phenomenon of heaving in bottom of expressway tunnels maintained by 3 NEXCO company has been observed. Most of the locations where heaving has occurred were not installed with invert concrete at the time of construction and are in ground such as mudstone that there are concerns about strength decrease in the long run.

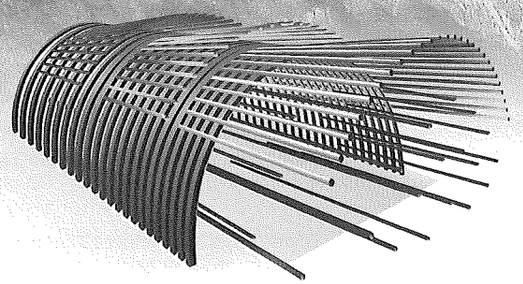
The most effective measurement work against this kind of heaving is the installation of invert concrete but it is necessary to temporarily stop the tunnel in order to install ordinary invert concrete in expressway tunnels with standard cross-sections in operation. However, closing expressway tunnels has a wide social impact. As it would be preferable to avoid this as much as possible, we decided to develope new technique to install invert that do not require tunnel closure.



図は新工法イメージ

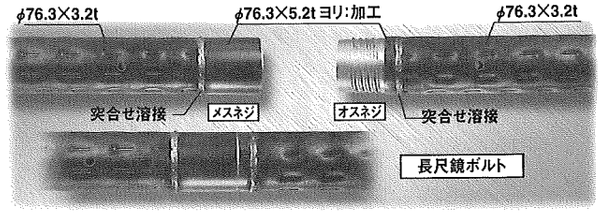
This report contains information on the main contents of this investigation related to the research and development of the new techniques.

ユニークな発想でVEを提案



FIXチューブ(S型)（ストロング）

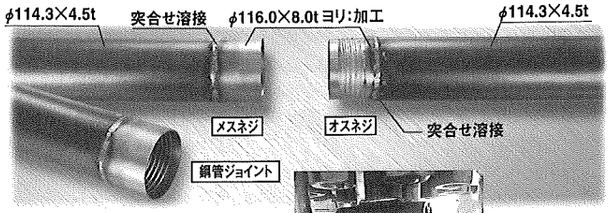
※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



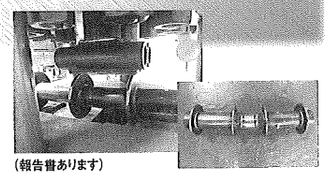


AGF-STD工法

※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



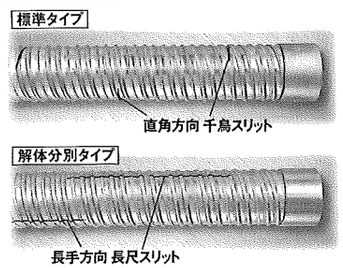
曲げ耐力30%UP!!

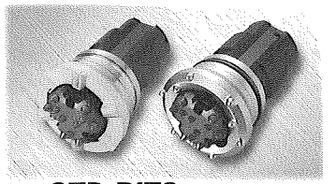


(報告書あります)

接続部の抗折力試験

撤去管の選択





STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

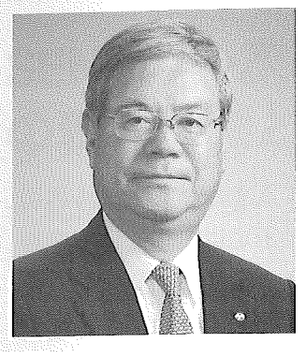
注入材・その他工法

※ウレタン系注入材：NEW-TSRF、NEW-TBU
※セメント系注入材：コロイダルスーパー、デンカES
※セメント系充填材：デンカPモル
※高速フォアポーリング：SP-IF工法
※高速ルートパイル：SPフィックスパイル工法
※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり

STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0833　大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.072-990-0250 FAX.072-990-0251
http://www.st-eng.co.jp

巻頭言

（題字　佐藤信彦会長）



人を育て，技術を継承していく

東洋建設(株)代表取締役執行役員副社長
濱邉修一

2011年３月に発生した東日本大震災から３年が経過しましたが，今なおご不自由な生活を送られている多くの被災者の方にお見舞いを申し上げます．

被災地の復興を加速するため復興道路の整備を始めさまざまな工事が急ピッチで進められています．当社におきましても，三陸沿岸道路の国道45号志津川トンネル(西工区)工事を担当させていただき，2013年３月に無事貫通式を迎えることができました．志津川トンネルはもともと一つの工事として発注される予定でしたが，東日本大震災の発生を受け震災復興のリーディングプロジェクトとして位置づけされたことから，急遽分割発注となり早期完成を目指すこととなりました．トンネル工事は言うまでもなく昼夜施工が原則ですが，一日も早い完成に向け，掘削開始から貫通を迎えるまで現場事務所の灯を一度も絶やすことはなかったと聞いております．

さて，国内の建設事業においては，リニア中央新幹線事業，2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピック，国土強靭化政策に対応する防災・減災事業など新規事業が動き始めております．また，国土交通省におかれましては，昨年を「メンテナンス元年」と位置づけ，高度成長期以降に整備されたインフラ老朽化対策に中心的役割をもって取り組まれる姿勢を打ち出されるなど，社会資本の維持管理・更新を戦略的に行っていく意識が社会に定着してきていると感じています．また，点検・診断・更新などの分野が新たな事業領域として成長していくことに期待を膨らませています．

一方，長期的に見て日本の労働力人口の減少は避けられない課題となっています．内閣府が３月に報告したところによりますと，出生率が大幅に回復し北欧並みに女性や高齢者の労働参加が進んだとしても，今後約50年で1,170万人もの労働力人口が減ると試算されました．建設業界では建設投資の右肩下がりが長く続いたこともあり，働き手不足を実感しています．熟練された職人の高齢化と引退は進んでいきますが，若い人の新規入職の促進と技術の継承，人材育成に力を注いでいく必要があります．建設業は経験

なくしては成立しない産業でありますし，職人が育つには時間だけでなく，まわりの先輩や会社から受ける教育も重要です．仕事のマニュアルを整備することはもちろん大切ですが，現場で教わり，実践で得た経験には及びません．働き手不足に対しては生産性をいかにして向上していくか，創意工夫を重ねていくことも重要であります．

昨年，伊勢神宮の式年遷宮が行われました．多くの費用をかけてでも20年ごとに遷宮を行い，かつ1,300年にもわたって遷宮が継続してきた理由の一つは技術の伝承であります．例えば大工は，10歳代から20歳代は見習いとして働き，30歳代から40歳台で中堅から棟梁として働き，50歳代以上で後見として働くことにより，少なくとも２度は遷宮に携わることができ技術が引き継がれていったと考えられます．世代間がうまくかかわりあい，人が成長していく節目として20年という期間が適していたと思われます．日本の伝統が引き継がれてきたことの素晴らしさを感じています．

このように，技術が継承されていくためには事業が継続して実施されていくことが必要です．リニア中央新幹線事業では長大トンネル，大深度地下，急速施工など難しい多くの課題がありますが，それを乗り越える新たな技術革新が生みだされていくと思われます．同時に日本のトンネル建設技術が次世代に継承されていくことにも大きな期待を寄せています．

また，技術の継承と並んで重要なのは安全に対する姿勢の継承です．職人さんが不足しているとき，経験の浅い方が作業につくとき，作業が順調に進んでいないときなどは黄色信号です．信号が変わったことを自覚できるようになるには経験と時間を要します．上司や本社・支店の管理者によるアドバイスが大切です．現場を運営される方におかれましては，現場をよく見ることはもちろんのこと，自由に意見が言える風通しの良い職場造りに情熱を持って取り組むことも大切です．計画書や設計変更協議の書類作りなど優先順位を迷う場面も多くあるでしょうが，工事の安全を最優先に考えて行動する習慣を身につけていただきたいと思っています．この６月は全国労働安全週間準備月間になっていますので，安全に対する姿勢，意識を見つめ直すよい機会とされるよう，切に望みます．

最後になりますが，建設産業がより魅力ある産業に向かって進んでいくために，今後とも微力ながら力を注いでまいりたい所存でございます．

施工

SENSの一次覆工の構造安定性評価法についての現場計測と三次元解析

—北海道新幹線　津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構青森新幹線建設局工事第一課担当係長　宮　嵜　俊　彦
鉄道・運輸機構青森新幹線建設局工事第一課長　三　上　美輝雄
(公財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部(トンネル)主任研究員　津　野　　究
(株)地域地盤環境研究所東京事務所長　水　原　勝　由

1　はじめに

津軽蓬田トンネルは，北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間の青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである．

本トンネルでは，切羽の不安定化が予想されたことから，安全性，施工性および経済性に優れたSENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)による機械化施工を採用し，平成21(2009)年11月に掘削を開始，平成24(2012)年10月に無事貫通している．本トンネルの概要，SENSの採用経緯および施工の詳細は過去に本誌に報告[1)]しているので参考とされたい．

SENSでは，密閉型シールドにより掘削および切羽の安定を図り，シールドテール部では掘進と並行して一次覆工となる場所打ちコンクリートを打設しトンネルを構築する．この一次覆工は，地山を支保するとともに，内型枠と一次覆工コンクリートの付着せん断力がシールド推進反力となる．そのため，一次覆工の構造安定性評価は，トンネルの安全性と施工性を確保するうえでの重要な検討課題である．

しかしながら，SENS施工は津軽蓬田トンネルが２例目であり，実績とデータの蓄積が少なく，場所打ちライニングおよび内型枠設計の妥当性や周辺地山に与える影響については，十分に検証されていないのが現状である．

そこで，本トンネルではライニング挙動のメカニズムを解明するための現場計測を実施するとともに，SENS施工過程および内型枠，一次覆工コンクリートの強度特性を考慮した三次元解析を行った．

解析では，最初に一次覆工コンクリートの強度発現過程および内型枠との間に生じる相互作用や付着によるせん断力などを考慮したトンネル縦断方向に着目した解析を行い，解析モデルの検証とトンネル挙動メカニズムについて検討した．次に，先の解析モデルに周方向荷重を作用させ，一次覆工コンクリートの発生応力を定量的に評価するとともに，後述するこれまでの研究で提案されているSENSの構造安定性照査法との比較ならびにその適用について検討を行った．

本報告は，現場計測にもとづいた三次元解析からライニング挙動を評価し，一次覆工コンクリートの構造安定評価法について考察したものである．

2　一次覆工の構造安定性評価法

津軽蓬田トンネル一次覆工設計時の構造安定性評価は，①『併進工法設計施工指針(案)都市トンネル編』(以下，「併進指針」)にもとづく方法，および，最初にSENSを適用した東北新幹線三本木原トンネル施工で提案[2]された②「耐荷機構モデル」による方法の２つの手法で行っている．評価は，大土かぶり部(高水圧)と小土かぶり部(低剛性地山)に検討断面を設定し，①と②による骨組構造解析を行ったものである．設計荷重として，①では土圧・水圧・地盤反力・自重を考慮し，内部荷重については省略した荷重を，②ではコンクリート打設圧のうち，内型枠脱型後も残留し，一次覆工に作用する実績[2),3)]から想定された荷重(残留打設圧)を用いている．結果，どちらの手法でも設計基準強度30N/㎟，覆工厚300㎜で構造安定性が確保できることを確認した．各モデルで用いた荷重モデル図を図-1に示す．

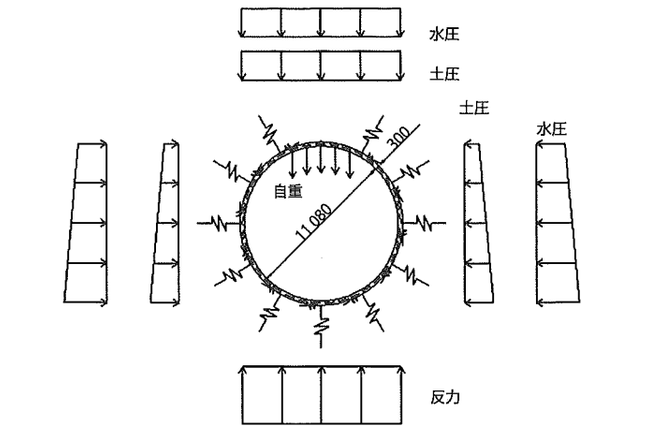


図-1　荷重モデル

3　内型枠および場所打ちライニングの計測概要

津軽蓬田トンネルでは図-2に示す土かぶりの大きい２区間(大土かぶり区間①，大土かぶり区間②)と土かぶりの小さい(土かぶり 1D以下) 2区間(小土かぶり区間①，小土かぶり区間②)において，現場計測を実施している．各計測区間の諸元を表-1，計測器設置位置を図-3，計測項目を図-4に示す．内型枠および一次覆工の計測は，１計測区間を15リング間とし，トンネル周方向断面およびトンネル軸方向の計測を実施している．

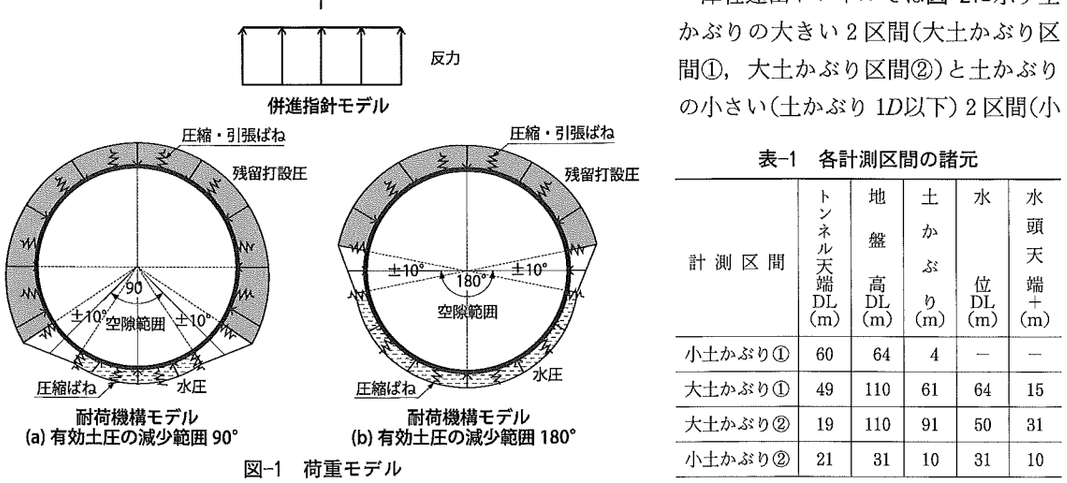


図-2　検討断面図

表-1　各計測区間の諸元

計測区間	トンネル天端 DL (m)	地盤高 DL (m)	土かぶり (m)	水位 DL (m)	水頭天端＋ (m)
小土かぶり①	60	64	4	—	—
大土かぶり①	49	110	61	64	15
大土かぶり②	19	110	91	50	31
小土かぶり②	21	31	10	31	10

4　ライニング挙動の三次元解析

4-1　三次元解析概要

4-1-1　解析モデル

図-5に示す解析モデルで三次元解析を行った．内型枠は三次元シェル要素，一次覆工をソリッド要素，地盤をばねでモデル化し，内型枠と一次覆工コンクリートの付着特性をジョイント要素で表現した．内型枠は三次元シェル要素を基本としているが，縦断方向に対してはトラス要素，周方向に対してはビーム要素を組合せ，縦断方向と横断方向の剛性の違いを考慮した．

要素分割は図-6に示すように区間１～３を設定した．区間１は打設後のコンクリートが強度を発現しておらず，内型枠が打設圧の作用を受ける区間である．区間２は内型枠と強度が発現したコンクリートが共存している区間であり，脱型直前リングまでの約９リングの区間を設定した．区間３は脱型後の一次覆工コンクリートのみの区間である．

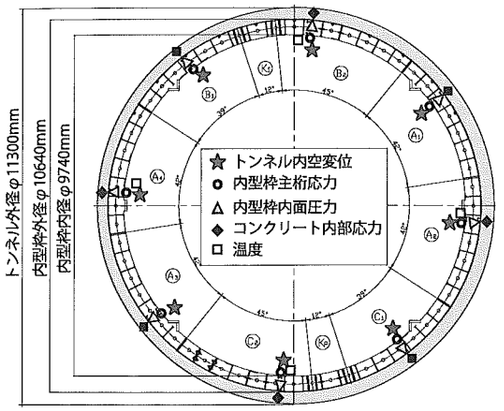


図-3　トンネル周方向断面の計測位置

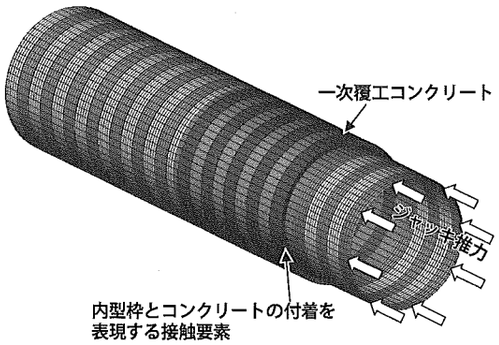
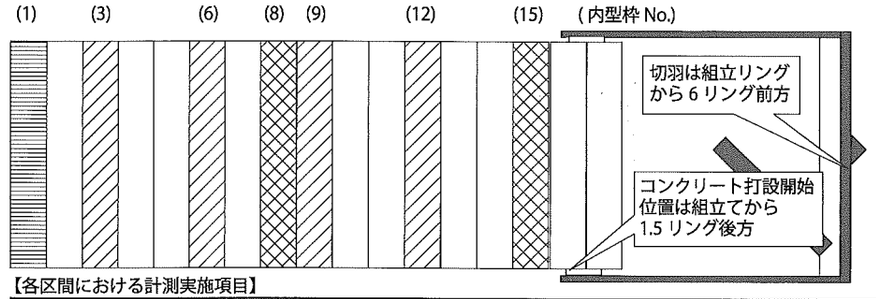


図-5　三次元解析モデル



【各区間における計測実施項目】

計測位置														計測項目	
○							○						○	①トンネル周辺地山変位	(地山変位)
							○						○	②トンネル内空変位	(周方向)
○							○						○	③内型枠主桁応力と温度	(周方向)
		○			○			○			○			④内型枠縦リブ応力と温度	(軸方向)
							○						○	⑤内型枠内面圧力	(周方向)
							○						○	⑥コンクリート内部応力と温度	(周方向)

図-4　計測項目

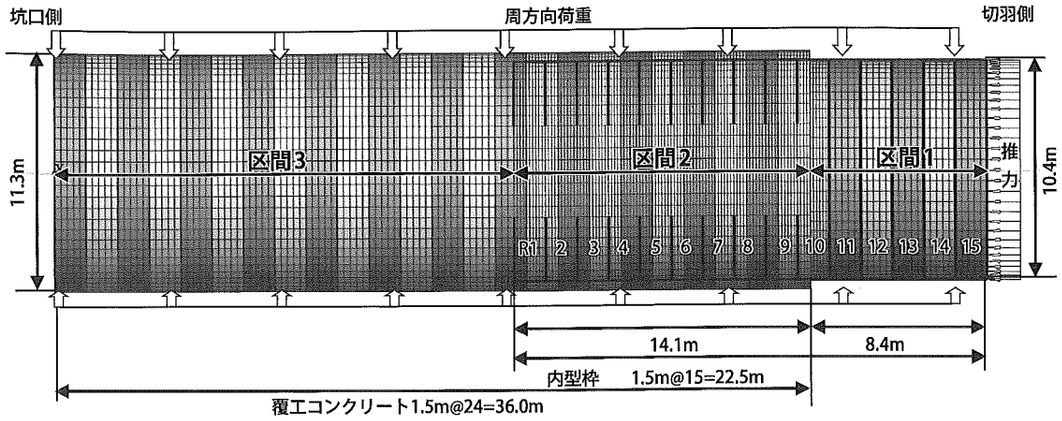


図-6　モデル化の概要

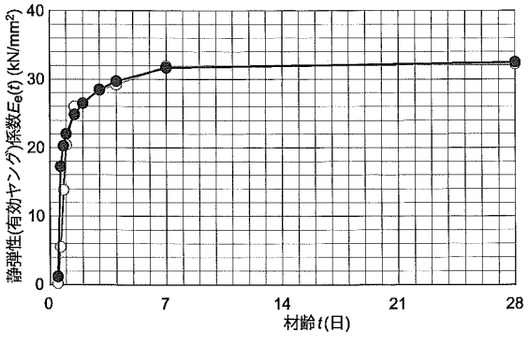


図-7　コンクリート材齢-ヤング係数の関係(実験)

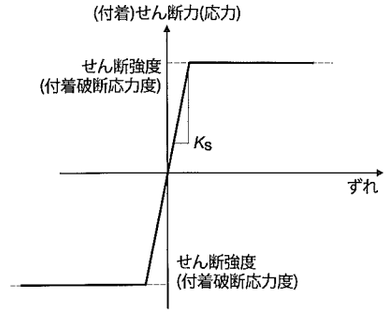


図-8　内型枠と一次覆工コンクリートとの付着のモデル化

4-1-2　コンクリート材料特性

一次覆工コンクリートは，時間の経過とともに強度が増加する．そこで，図-7に示すようにコンクリートの各種試験から得られた時間経過に伴うヤング係数の変化を考慮した．

4-1-3　コンクリートと内型枠の付着特性

コンクリート強度だけでなく，コンクリートと内型枠間の付着も，時間の経過とともに変化する．そこで，付着せん断試験の結果[4]をもとに，リングごとに図-8に示すようなジョイント要素でモデル化を行い，コンクリートの強度増加に伴う付着力の増加を考慮した．

4-1-4　地盤ばね

一次覆工コンクリートを支持する地山との相互作用は，地盤ばねで表現した．トンネル半径方向の地盤反力係数は，『鉄道構造物等設計標準・同解説(シールドトンネル)』のN値50(裏込め注入硬化後)に相当する値を用いた．また，接線方向の地盤反力係数は，半径方向の地盤反力係数の1/3程度とした．

4-1-5　作用荷重

解析では，ジャッキの総推力とジャッキパターンを設定し，内型枠のトンネル軸方向荷重としてジャッキ推力を作用させた．また，図-6の区間1では，トンネル横断方向にコンクリート打設圧を作用させた．

4-2　トンネル縦断方向挙動メカニズムの検討

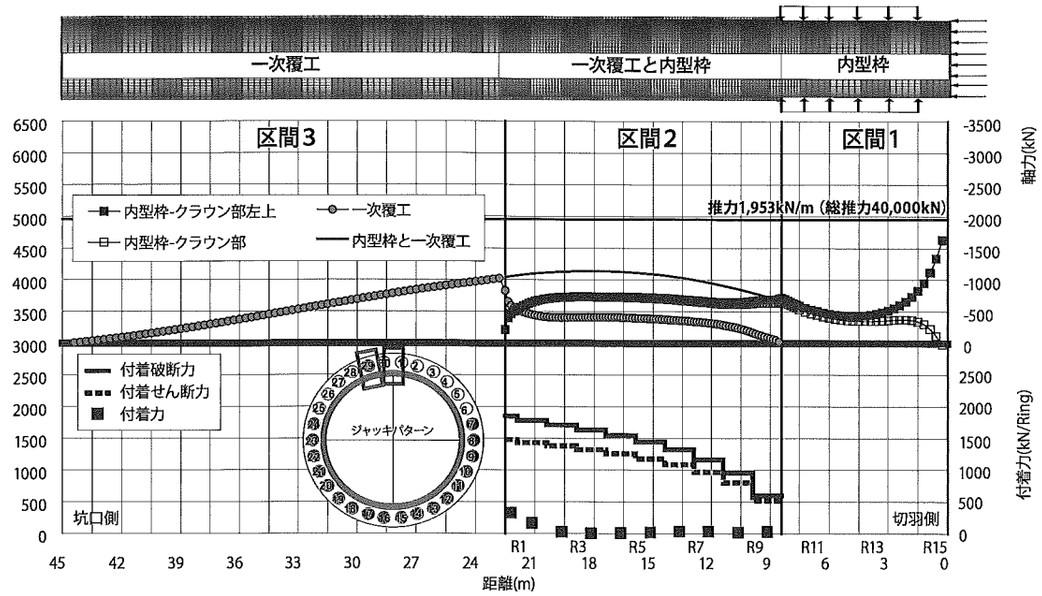
4-2-1　検討概要

トンネル縦断方向の解析は，内型枠の挙動について計測を実施した区間を対象に行った．ジャッキ推力はこの区間の平均総推力40,000kNとし，コンクリート打設圧は，計測結果(内型枠内面圧力)をもとに内型枠天端圧力280kN/m²，インバート部540kN/m²となるような圧力分布に設定した．

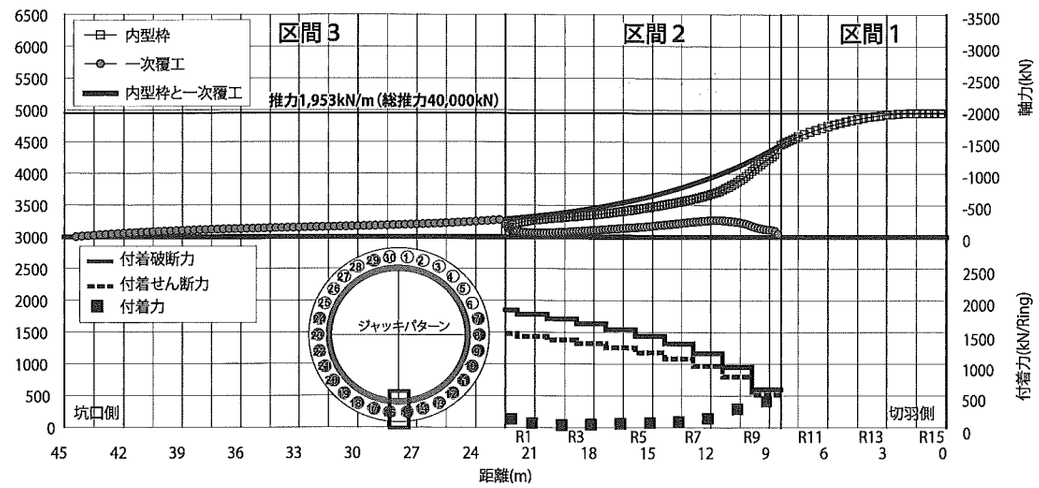
ジャッキパターンは，全推しの場合や計測区間の平均的なジャッキパターンなど，複数のパターンを設定し検討を行った．また，コンクリートの強度発現時間に影響する施工サイクルも複数設定した．

4-2-2　トンネル縦断方向の解析結果

解析結果の一例を図-9に示す．本解析ケースでは，計測実施区間の平均的なジャッキパターン(下半を中心に推付け)，施工サイクルを実施工と同じ2時間(コンクリート強度発現10時間)としている．図-9(a)では，クラウン部とクラウン部やや左側(推付けジャッキ有無の違い)の内型枠軸力をあわせて示す．図-9(a)および(b)の各下段には，解析より得られた付着力と付着せん断力およ



(a)　クラウン部(周方向1mあたり)



(b)　インバート部(周方向1mあたり)

図-9　トンネル縦断方向における軸力および付着力

び付着破断力の関係を示す．内型枠の軸力は，組立て後3リング間では推付けジャッキの有無で軸力に大きな差が生じることがわかる．一方，これより坑口側の内型枠軸力および付着力には，推付けジャッキの有無による差が見られない．なお，付着力はいずれの位置においても付着せん断力および付着破断力以下になることを確認した．付着せん断力が付着破断力に対してもっとも厳しくなるのは，区間2切羽側最初のリングである．

コンクリート硬化開始位置と硬化1リング後の内型枠の軸力，および両者の差分を取ることにより得られる付着力の分布を**図-10**に示す．これより，トンネル上半部においては，コンクリート硬化開始位置と1リング後の軸力差がほとんど生じていないことがわかる．一方，下半部には大きな軸力差が発生し，下半部で400kN程度の付着力が発生している．最大付着力の発生位置は，インバート部より右約45度の位置である．

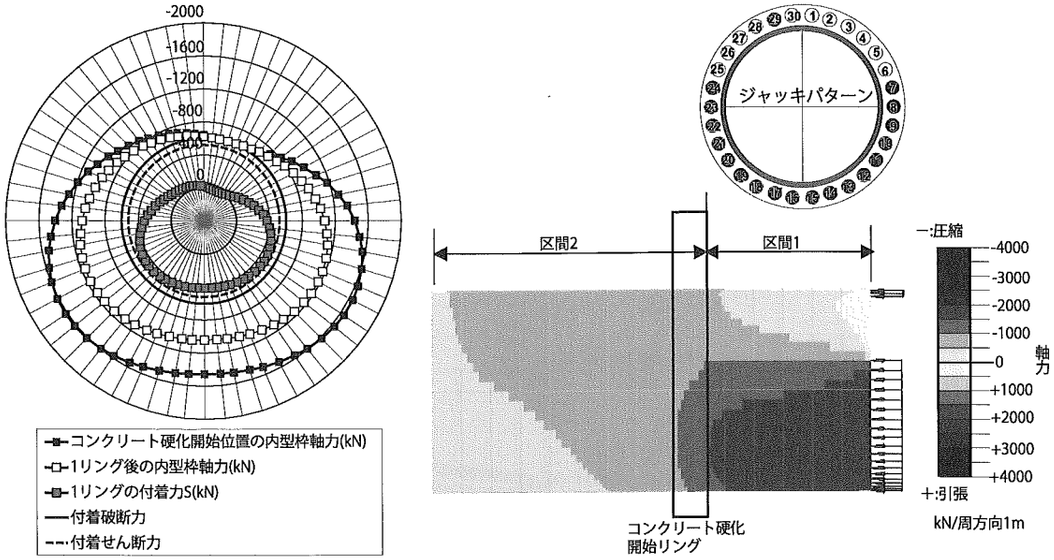


図-10　コンクリート硬化開始リングの内型枠軸力と付着力分布

表-2　解析ケース（トンネル横断方向挙動メカニズムの検討）

解析Case	解析区間と土かぶり		推力	ジャッキパターン	施工サイクル	周方向荷重	
			実施工	実施工	連続掘進	施工打設圧	土水圧
1	大土かぶり区間①	60m	31,000kN	25本	2時間/Ring		天端285kN/㎡
2	大土かぶり区間①	60m	31,000kN	25本		天端240kN/㎡	
3	小土かぶり区間①	5m	32,000kN	11本		天端 50kN/㎡	

4-3　トンネル横断方向挙動メカニズムの検討

4-3-1　検討概要

トンネル横断方向の解析は，計測を実施した2断面（大土かぶり区間①および小土かぶり区間①）を対象に行った．ジャッキ推力やジャッキパターンについては，実施工データをもとに設定した．トンネル横断方向荷重は，併進指針による設計土水圧を直接作用させたケース（Case 1）と，実施工で計測されたコンクリート打設圧（Case 2，Case 3）を考慮した場合について検討を行った．

トンネル縦断方向の挙動としては，これまでのSENS計測から，コンクリート打設圧の上下差圧により，トンネルが上方へ押し上げられることが報告[5]されている．今回，現場打設圧を作用させた解析では，内型枠トンネル縦断方向の上半部で軸圧縮が増加，下半部で軸圧縮が減少し，コンクリート打設圧の上下差圧によってトンネルが上方に押し上げられる挙動を確認した．

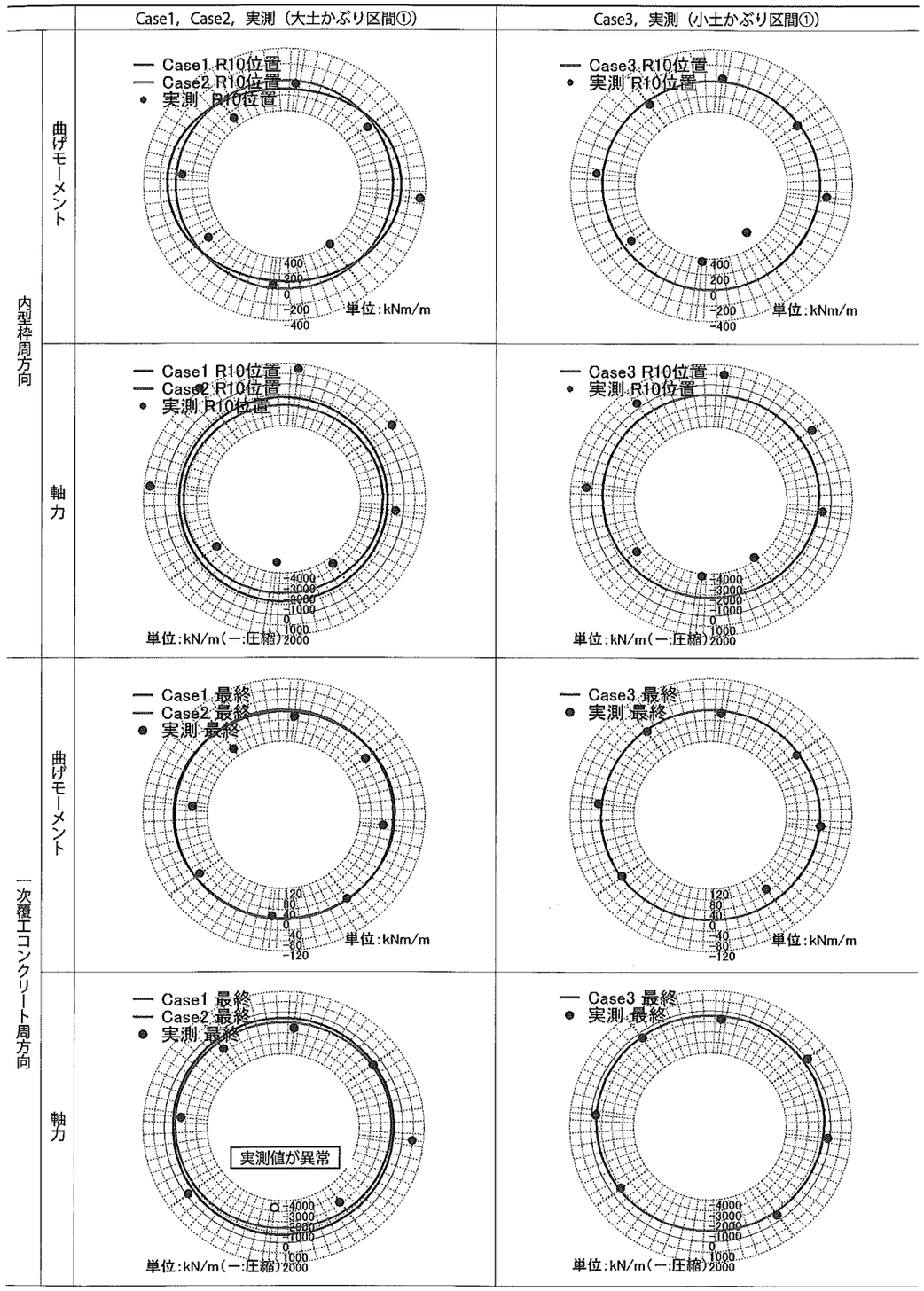


図-11　解析結果と計測結果の比較

施工サイクルはいずれのケースも2時間と設定した．各ケースを表-2に示す．

4-3-2　計測結果との比較

大土かぶり区間①および小土かぶり区間①について，解析結果と計測結果の最終断面力の比較分布を図-11に示す．

（1）　内型枠

内型枠のトンネル周方向軸力は，計測ではトンネル上半が引張，下半で圧縮となっているが，解析では全断面圧縮となっている．また，解析より得られた曲げモーメントは，大土かぶり区間①では，トンネル下半の正曲げ，側部の負曲げが計測より小さくなっている．小土かぶり区間①のコンクリート打設圧を考慮した周方向荷重を作用させたケースでは，トンネル下半を除き，解析結果が計測値と比較的よく一致している．

（2）　一次覆工コンクリート

一次覆工コンクリートの曲げモーメントは，小土かぶり区間①では解析結果が計測値と比較的よく一致しているが，大土かぶり区間①では，計測値と比べて曲げモーメントが小さい．一方，軸力については，トンネル下半を除き，解析結果と計測値が近い値となっている．

4-3-3　一次覆工の耐力に関する検討

図-12, 13は，軸力と曲げモーメントの関係について，三次元解析および耐荷機構モデルによる二次元骨組解析と計測値を比較したものである．耐荷機構モデルでは，一次覆工コンクリートを梁，地山をばねでモデル化し，三次元解析と同じ地盤ばね値とトンネル周方向荷重として残留打設圧(実測打設圧×80%：残留率80%)を作用させている．

三次元解析結果は，Case 1 よりCase 2 の方が計測値に近い軸力結果である．また，耐荷機構モデルと三次元解析(Case 1 ～ 3)による一次覆工コンクリートの軸力比較では，耐荷機構モデルの軸力が三次元解析よりも若干大きくなる傾向ではあるが，どちらもおおむね計測値に一致した結果が得られた．これより，SENS一次覆工の構造安定性評価としては，トンネル周方向荷重をコンクリート打設圧(耐荷機構モデル)とすることで，より実態に近い軸力評価ができることがわかった．

一方，曲げモーメントは，解析結果(Case 1 ～ 3)，耐荷機構モデル(有効土圧減少なし)ともに発生曲げモーメントが小さく，計測値のような局所的に大きくなる曲げモーメントを再現できていない．しかし，耐荷機構モデルの有効土圧減少あ

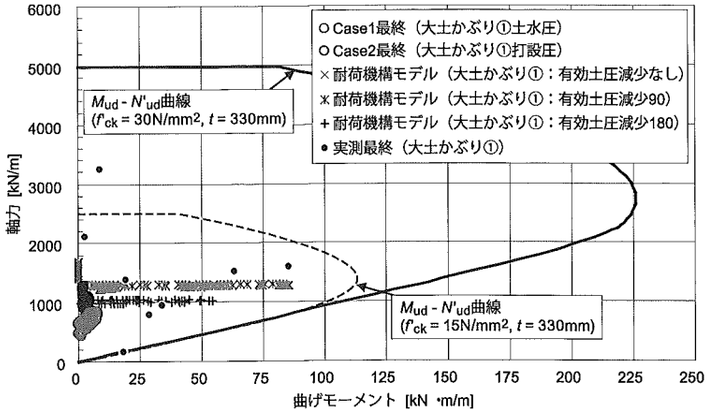


図-12　大土かぶり区間①の断面力と覆工耐力

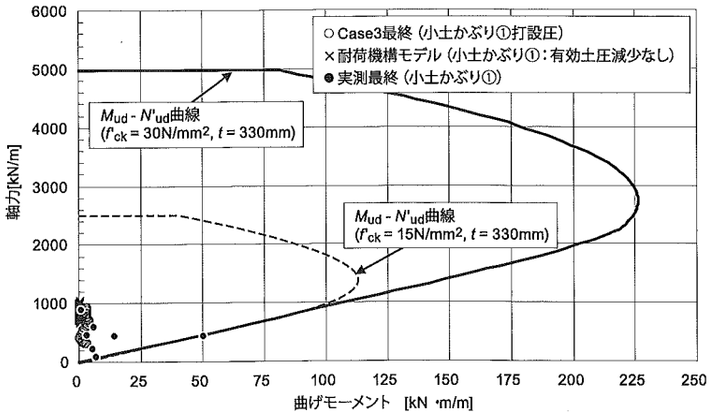


図-13　小土かぶり区間①の断面力と覆工耐力

りのケースでは，曲げモーメントの最大値が一定程度評価でき，有効土圧の減少範囲90°とした場合で計測値に近い結果が得られている．

なお，一次覆工コンクリートの断面力(M, N)は，計測値および三次元解析結果ともに，覆工耐力以内であり，構造安定性評価結果と同様，安全性が確保できていることを確認できた．

構造安定性評価法としては，耐荷機構モデル(有効土圧減少あり)のように偏荷重を与える手法の適用が現時点では妥当であると考えられる．

今回の三次元解析では，計測値で得られた一次覆工コンクリートの曲げモーメントを精度よく再現することができなかった．これは，トンネル縦断方向の浮上りに伴うトンネルと地山の相互作用を精度よくモデル化できていないことが一つの要因として考えられる．二次元モデルの耐荷機構モデルでは，トンネルの浮上りに伴う相互作用を有効土圧の減少と圧縮ばね(引張ばねなし)でモデル化している．三次元解析においても，トンネルの浮上りに対するばね引張を切るもしくは低減させることで，実態に近い挙動が再現できる可能性があると考えられる．

5　おわりに

津軽蓬田トンネルでは，計測結果と実施工にもとづいた三次元解析結果ならびに構造安定性評価法との比較検証により，トンネル構造の安全性を再確認することができた．また，SENSの一次覆工の構造安定性評価法については，併進指針による方法と耐荷機構モデルの両方について検討を行った結果，耐荷機構モデルで評価を行うことで，より実態に近い評価が行えることを確認した．

これまでのSENS施工実績としては，未固結含水地山における2例のみである．今後，施工実績とデータの蓄積により，さまざまな条件下で構造安定性評価法を検証，確立することが課題と考えられる．

津軽蓬田トンネルでの土木工事は無事完了し，軌道や電気設備工事が大詰めを迎えている．北海道新幹線トンネル施工技術委員会(委員長：足立紀尚・京都大学名誉教授)，同機械化施工WG(座長：小山幸則・立命館大学総合科学技術研究機構客員教授)における多大なるご指導・ご協力に対し深く感謝申し上げます．

参考文献

1) 宮嵜俊彦・三上美輝雄・田中淳寛・西川幸一：SENSで平均月進190mを達成，北海道新幹線　津軽蓬田トンネル，トンネルと地下，Vol.44，No.7，pp.483-490，2013.7.
2) 飯田廣臣：含水未固結地山におけるシールドを用いた場所打ち支保システムに関する研究，早稲田大学博士論文，2008.2.
3) 飯田廣臣・野々村政一・小山幸則・小西真治・小泉淳：シールドを用いた場所打ちライニングの挙動に関する現場計測結果とその考察，土木学会論文集 F，Vol.63，No.3，pp.349-360，2007.8.
4) 野口守・神田大・宮嵜俊彦・津野究・粥川幸司：シールドを用いた場所打ち支保システムで用いるコンクリートの付着に関する検討，トンネル工学研究報告集，Vol.22，pp.69-73，2012.11.
5) 三上美輝雄・田中淳寛・神田大・玉井達毅・津野究・焼田真司・水原勝由：SENSにおけるライニング挙動，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.67，VI-179，pp.357-358.

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著　A5判 326頁　本体定価 4,300円(〒300円)

株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代)　振替 00110-8-190072

現場だより 2014 トンネルと地下

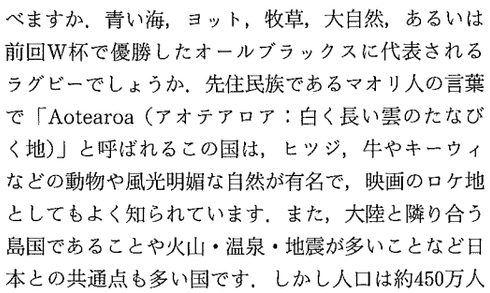
ラグビーとヒツジの国から

玉 井 昭 雄

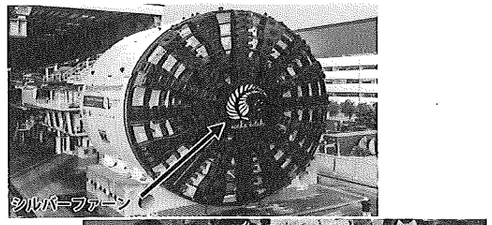
みなさんはニュージーランドというと何を思い浮かべますか．青い海，ヨット，牧草，大自然，あるいは前回W杯で優勝したオールブラックスに代表されるラグビーでしょうか．先住民族であるマオリ人の言葉で「Aotearoa（アオテアロア：白く長い雲のたなびく地）」と呼ばれるこの国は，ヒツジ，牛やキーウィなどの動物や風光明媚な自然が有名で，映画のロケ地としてもよく知られています．また，大陸と隣り合う島国であることや火山・温泉・地震が多いことなど日本との共通点も多い国です．しかし人口は約450万人と少なく，ヒツジの頭数は人口の約７倍に上ります（かつては人口の20倍と言われていました）．スポーツ好きの国民性ですがラグビーにはとくに熱心で，試合のある週末には，みながゲームに熱中しています．ニュージーランドナショナルチームのロゴにも用いられる「シルバーファーン（銀色のシダ）」は街中のいたるところで見られます．

そんなニュージーランドで，今，大きな道路建設プロジェクトの一環としてトンネル工事を行っています．北島と南島の２つの大きな島からなるこの国の北島北部に位置するオークランド市はニュージーランド最大の都市で，経済・商業の中心地であり総人口の約３分の１が集中しています．プロジェクトはこの市内を通過する高速道路の渋滞緩和と西部地区の利便性向上を目的としたハイウェイネットワークの完成を目的としており，その一部として延長2.4kmの双設道路トンネルを施工する工事が含まれています．

これまで土地の利用性からトンネル工事の需要がほとんどなかったニュージーランドですが，市内近郊であることや自然・環境への配慮から，開削ではない地下掘削トンネルによる道路構築が都市部で初めて採用されました．完成時３車線となるトンネルは，仕上り内径13.1mの世界でも最大級のシールドにより掘削を行っています．



位 置 図



（上）「アリス」と名付けられたシールド
（下）一般公開日の様子

トンネルがほとんどないこの国で，トンネルやシールドに対する市民の関心は非常に高いものがあります．シールドの名前は500通を超えるオークランド市内の小学生からの名称募集をもとに，「不思議の国のアリス」に因んでアリスと名付けられました．シールド発進前に行われた現場の一般公開日には２万人を超える見学者が訪れ，シールドを背景に写真を撮ったり展示用のセグメントにサインをしたりと，かなり満足された様子で，新聞，テレビでも大きく報道されました．また，一般の方が現場を一望できる「ビューポイント」が設けられており，休日には多くの方が訪れています．毎週発行されるプロジェクトの広報紙も楽しみにされているようです．

本格的なトンネル掘削はまだ始まったばかりですが，「アリス」は今年９月の１本目のトンネルの貫通に向け今日も掘進を続けています．

（(株)大林組ウォータービュー工事事務所所長）

施工

浮力対策用プレキャスト部材によりシールドトンネルの床版を同時施工

—国道357号　東京港トンネル—

国土交通省関東地方整備局川崎国道事務所工務課長 松 澤 尚 利
国土交通省関東地方整備局川崎国道事務所建設監督官 畦 地 拓 也
357号東京港トンネル工事鹿島・大林特定建設工事共同企業体所長 佐 藤 卓 哉
357号東京港トンネル工事鹿島・大林特定建設工事共同企業体工事課長代理 岩 端 一 也

1 はじめに

一般国道357号東京港トンネルは，東京都品川区東八潮（台場側）から八潮２丁目（大井側）を結ぶ首都高速湾岸線東京港トンネルに並行した第３種１級の一般国道である．357号東京港トンネル工事は，羽田方面行きのトンネルを整備するものである．位置図を図-1に示す．

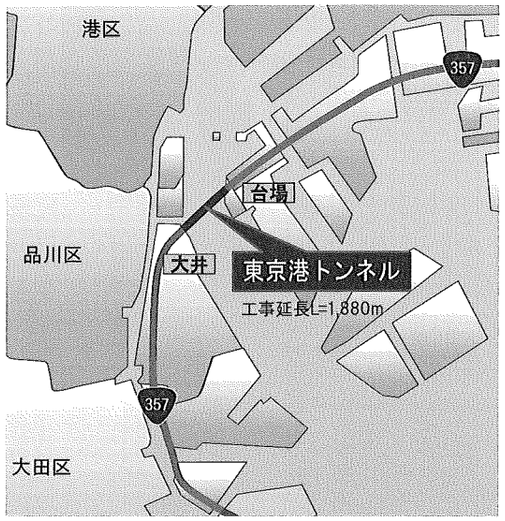


図-1 東京港トンネル位置図

本工事の工事延長は1,880mで，そのうち海底下を含む1,470mを泥土圧式シールド工法にてトンネルを構築し，地上へのアプローチ部を掘割り構造で構築する．

2012年９月よりシールド組立ておよび発進準備工，同年12月より地上発進によりシールド掘進を開始，2013年10月に到達し，本体工事は完了している．

本稿は，厳しい施工環境（海底下，軟弱地盤，小土かぶり）のなか，安全にシールドトンネルを到達させるため，ボックスカルバートなどのプレキャスト部材で路盤を構築し，坑内の資機材搬入などを車両（ダンプトラック）で行う工法（以下，「ボックスダンプ工法」と称する）の施工実績について報告する．

2 工事概要

2-1 全体工事概要

工事概要を表-1に，トンネル標準断面図を図-2に示す．

2-2 線形概要

シールドトンネル区間の平面線形は，約1.2kmが直線で，残りが曲率半径5,000mの緩やかな曲

線となっている．縦断線形は，両立坑から4％勾配で下り，海底部は0.3％勾配となっている．海底部における土かぶり厚は6～9 m(0.5～0.75D_0)，立坑付近で最小土かぶり3 m(0.25D_0)となっている．

2-3　地質概要

シールドトンネル区間の土層縦断図を図-3に示す．台場側から海底部にかけては，軟弱な沖積粘性土層(Ac2)が主体であり，大井側の陸上部は，

表-1　工事概要

工事名	357号東京港トンネル工事
工事場所	東京都品川区東八潮～東京都品川区八潮2丁目
発注者	国土交通省関東地方整備局
施工者	鹿島・大林特定建設工事共同企業体
工期	2010年12月23日～2014年3月31日
工事諸元	(a)シールド工法：泥土圧式 (b)シールド外径：12,200㎜ (c)セグメント外径：12,000㎜ (d)一次覆工内径：11,000㎜ (e)二次覆工内径：10,400㎜ (f)工区全長：1,880m (トンネル延長1,470m) (g)トンネル掘削土量：172,000m³ (h)主要セグメント：735リング RC(幅2,000㎜)：619リング 合成(幅2,000㎜)：116リング (i)平面曲線：R＝5,000m(1か所) (j)縦断勾配：最大勾配i＝4.0％ (k)土かぶり：3.0～15m

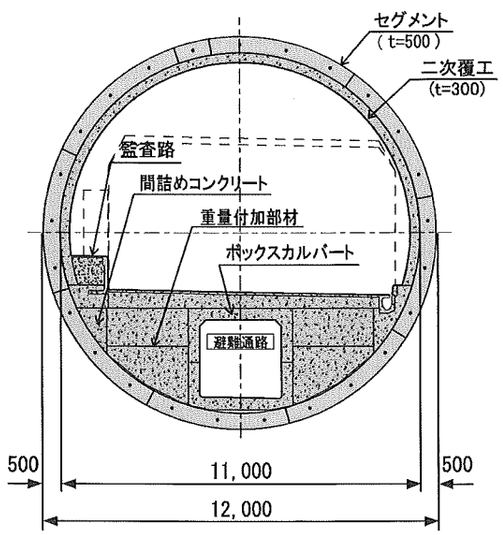


図-2　トンネル標準断面図

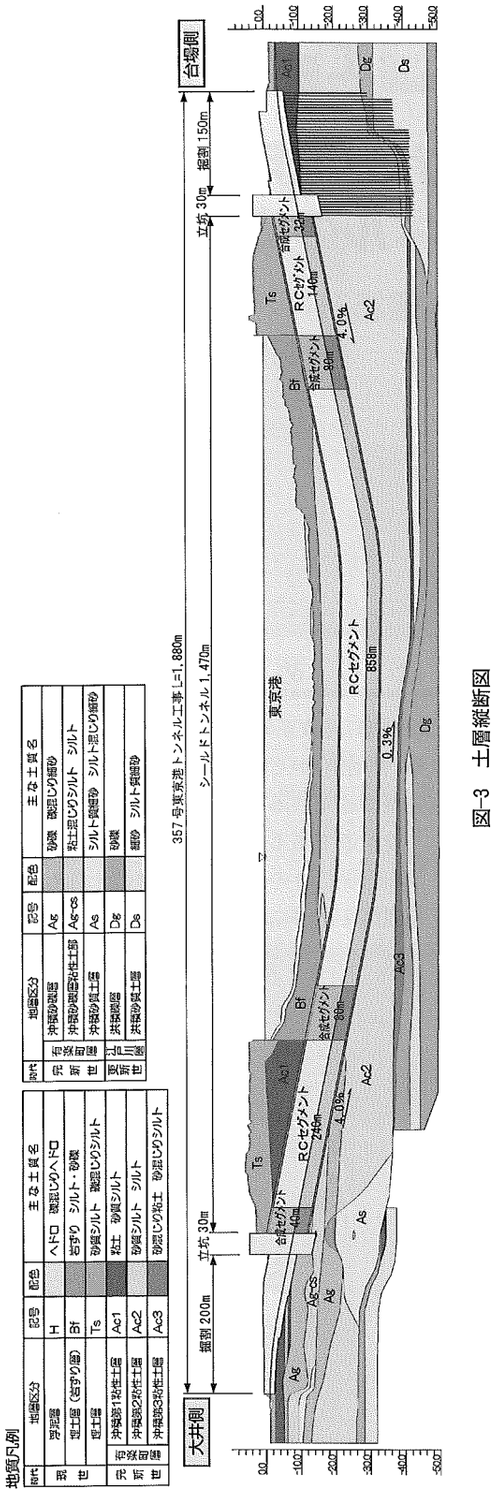


図-3　土層縦断図

沖積粘性土(Ac1)と礫層(Ag)の互層構成である．

海底部では，首都高速湾岸線東京港トンネルの沈埋トンネルの埋土層(Bf)が分布しており，当時の工事誌や海上地質調査の結果から，最大φ500㎜程度の岩ずりが介在していることが確認されている．護岸部付近のシールド通過断面の上部に埋土層(Bf)が掛かっているため，φ500㎜の岩ずりの掘進も想定していた．

3　施　工　計　画

3-1　工事の特徴

本工事の施工計画を立案するにあたって，とくに考慮すべき地盤の特徴は以下のとおりであった．

① 海底下・小土かぶりの大断面シールド
② 地質は沖積粘性土主体の軟弱粘性土層

地下水より低い位置のシールドトンネルでは，トンネル断面に浮力が作用するが，浮力に対してトンネル自重や土かぶり部分の土砂重量，地山強度により抵抗できればトンネルは安定する．

本工事では，土かぶり重量が小さく，地山強度が期待できないため，トンネル自重にて浮力に抵抗する必要がある．設計では図-5に示すような重量付加部材(コンクリートブロック)を100kN/m設置する構造となった．

本工事では，シールド掘進と並行して二次覆工などの内部構築を施工する計画とした．路盤となる間詰めコンクリートの打設作業が工程および安全において課題が多いと考え，図-6に示すように路盤高さまでの重量付加部材を設置する構造に変更を行った．これにより枕木設置・撤去作業および大規模な間詰めコンクリート作業を省略でき，並行して二次覆工の施工が可能となった．

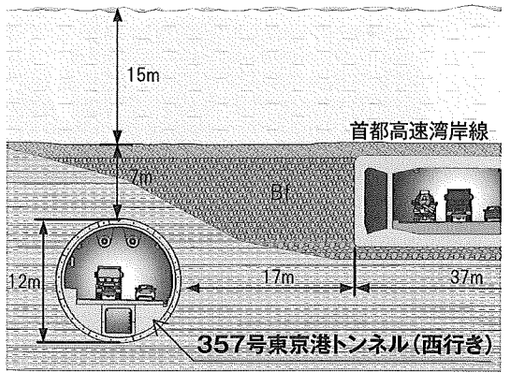


図-4　海底部土層横断図

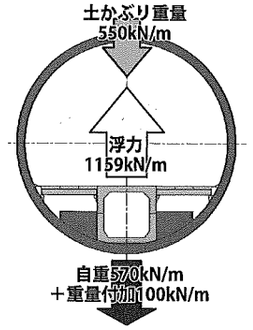
3-2　ボックスダンプ工法

浮力対策の重量付加部材は，シールドのすぐ後方で設置するため，切羽まで路盤ができた状態となっている．さらに，本工事のシールドトンネルは図-7に示すように地上発進であり，アプローチとなる掘割り構造を事前に構築することで，地上から車両で直接資材の搬入ができる条件となっている．

これらの利点を活かして，本工事では坑内への資機材搬入および土砂搬出をすべて車両にて行う計画とした．図-8に切羽位置での施工ステップ図を示す．

この工法のメリットは以下に示すとおりである．

① 軌条設備(枕木・レールなど)が不要
② 路盤構造がプレキャスト部材組立てのみでシールド掘進に影響しない
③ 土砂搬出設備(ずり函・ベルコンなど)が不要
④ 故障した場合にダンプなどの替えの手配が容易



浮力安全率
$\frac{(550+570+100)}{1159}$
＝1.05＞1.0

図-5　浮力検討図

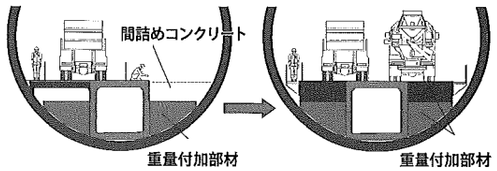


図-6　重量付加部材の形状変更図

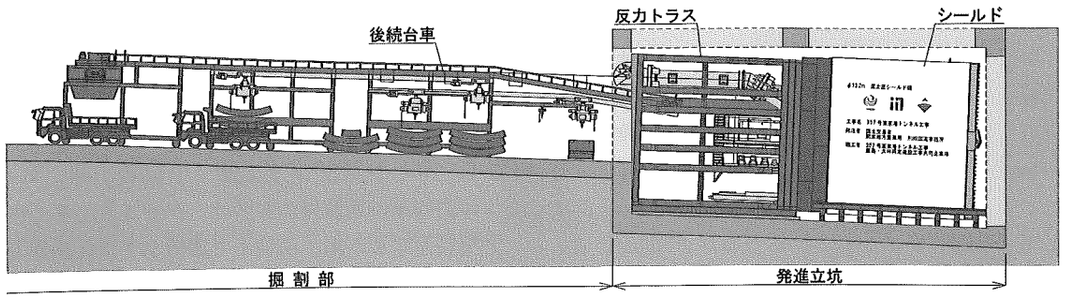


図-7　地上発進概要図

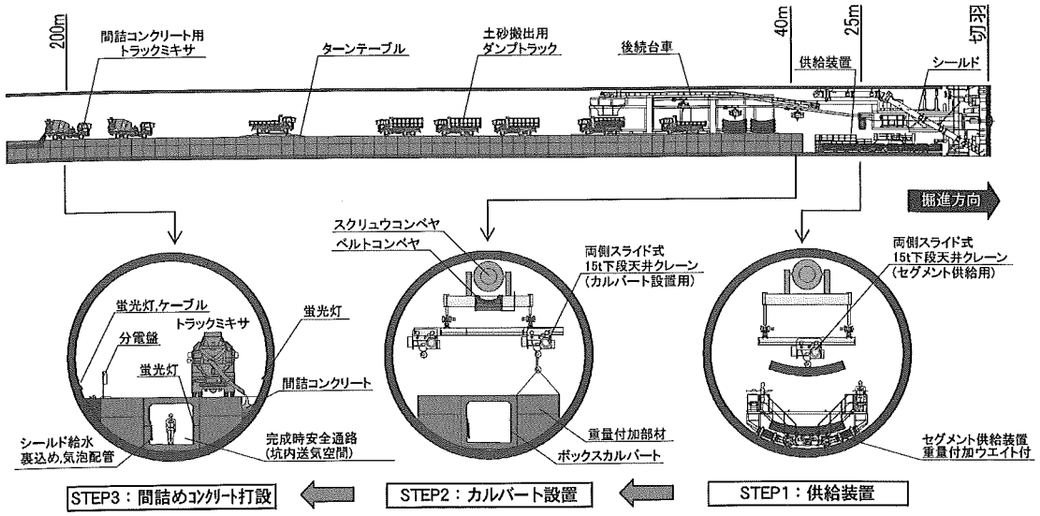


図-8　ボックスダンプ工法　施工ステップ図

3-3　使用機械

3-3-1　資材運搬用重ダンプ

切羽へ搬送するセグメント，ボックスカルバートおよび重量付加部材は，いずれも幅２mで重さ10tを超える重量物であるため，山岳トンネルなどで使用されている重ダンプを採用した．本工事では最大積載量27.0tの重ダンプを使用した．

シールド掘進１リングのサイクルに必要な部材は，セグメント９ピース，ボックスカルバート２ピース，重量付加部材４ピースの合計15ピースとなっている．セグメントは**写真-1**に示すように２段積が可能であるが，その他部材は１ピースずつ運搬するため，約10往復運行することになる．本工事では重ダンプを最大７台使用することで，掘進サイクル(掘進60分＋組立て40分)を確保することができた．



写真-1　重ダンプ

3-3-2　土砂搬出ダンプ

シールド掘削土砂の搬出には，ダンプトラックを使用した．掘削土砂が軟弱粘性土であるため，場内の土砂ピットで改質してから場外へ搬出を行っている．



写真-2　土砂搬出ダンプ(改造型)

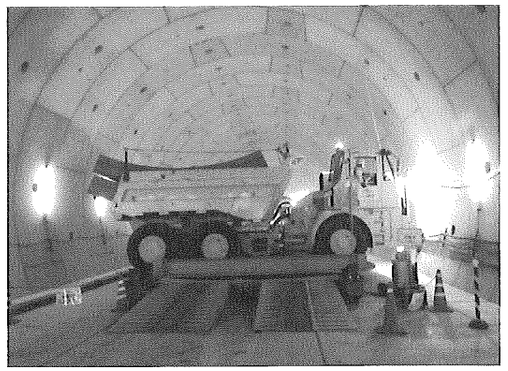


写真-3　移動式ターンテーブル

坑内から場内土砂ピットへの運搬に用いるダンプトラックは，非常に緩い掘削土がこぼれないように，荷台嵩上げパネルの追加とテールゲートの交換を行った．それに合わせて，場内走行専用としてタイヤ仕様の変更などを行い，最大積載重量16.7tに改造して現場専用として使用した．土砂搬出ダンプを**写真-2**に示す．

１リングあたりの排土量は地山体積234m³であり，１台に７m³積載した場合，約33往復することになる．本工事では土砂搬出ダンプを最大14台使って掘進サイクルを確保することができた．

3-3-3　移動式ターンテーブル

資材運搬用重ダンプ，土砂搬出ダンプはトンネルの中では反転することができないため，**写真-3**に示すターンテーブル(積載荷重50t積仕様)を坑内に設置した．ターンテーブルはシールドに牽引される後続台車の後方に設置し，掘進に合わせて位置を変えることができる移動式とした．

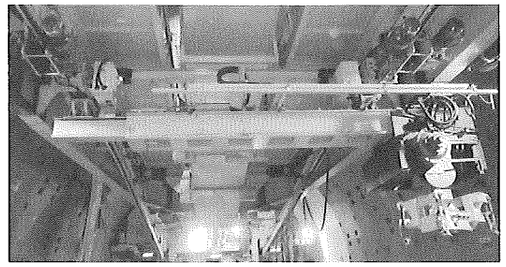


写真-4　後続台車天井クレーン



写真-5　セグメント供給装置



写真-6　土砂ホッパー

3-3-4　セグメント供給装置

シールドに牽引される後続台車には，セグメントの荷卸し～供給装置運搬，さらにボックスカルバートや重量付加部材を設置するための15t吊り天井クレーン(**写真-4**)を２基設置している．

シールド後方のセグメント供給装置が設置される区間は，浮上りに抵抗する重量が足りないため，**写真-5**に示すように敷鉄板を重ねたカウンターウエイトを設置した．

3-3-5　土砂ホッパー

シールドで掘削した土砂は，後続台車上に設置したスイングベルコンを介して土砂ホッパー２基

(**写真-6**)に運ばれ，ホッパー下に待機している土砂搬出ダンプに積込みを行う．

4　施　工　実　績

ボックスダンプ工法の施工における課題は，以下に示すとおりである．

① 掘進サイクル(掘進60分＋組立て40分)と並行し，シールドと連動する天井クレーンを使ったボックスカルバートと重量付加部材の設置

② 土砂搬出やセグメントなどの運搬を行う坑内ダンプトラックの安全管理やサイクルタイムの管理

実際に施工した結果，ボックスカルバートと重量付加部材の設置は，掘進開始当初こそクレーンの操作に慣れず，4.0%の縦断勾配での据付けだったこともあり，60分以上かかっていた．吊り治具の改善と作業の熟練により約45分で設置完了できるようになり，掘進期間中にわたってプレキャスト部材の設置待ちによる掘進停止は発生しなかった．**写真-7**にボックスカルバート・重量負荷部材の設置状況を示す．

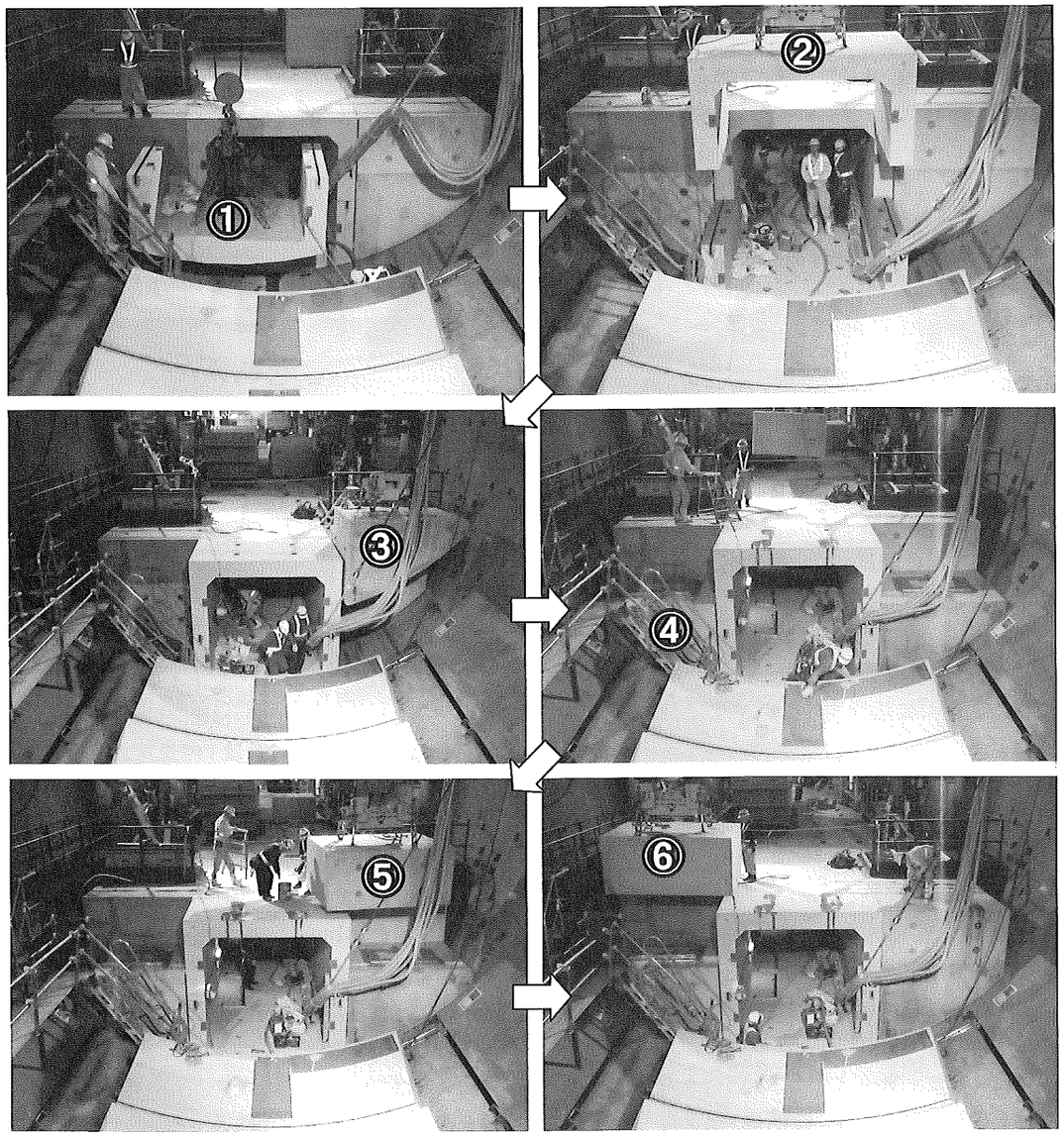


写真-7　ボックスカルバート・重量付加部材設置状況

土砂運搬や資材運搬については，あらかじめ坑内交通シミュレーションで算出した必要ダンプ台数で，計画どおりの運行管理を行うことができた．**表-2**に掘進サイクルと坑内運行サイクルの実績を示す．

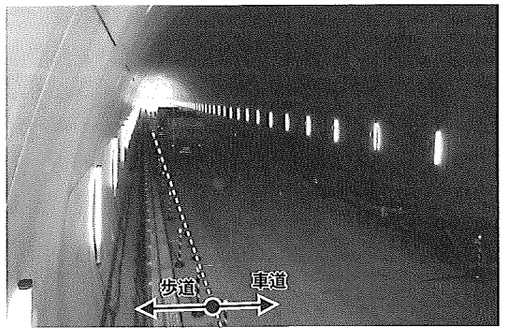


写真-8　坑内運行状況(歩車道分離)

さらに坑内作業が切羽に集中しているため，ダンプトラックが運行している箇所での作業がほとんどなく，歩車道分離を確実に行うことができ，非常に安全な運行管理を行うことができた．

シールドの最大掘進量は，日進20m(10リング)，月進338m(2013年7月)と当初計画のペースを実現できた．

約10か月のシールド掘進期間においてボックスダンプ工法にかかわる機械トラブルによる掘進停止はなく，安定した掘進を行うことができた．

5　実績の評価

本工事においては，海底下・小土かぶりによる浮力安定性確保が課題であったが，ボックスダンプ工法により，確実にトンネルを安定させながらシールド掘進を完了することができた．今回の施工結果により，この工法の長所，短所を項目に分けてまとめると**表-3**のようになる．

表-2　掘進サイクルと坑内運行サイクル

R数	号車	22						23					
掘進サイクル	時間(分)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	掘進	掘進(60分)											
	組立	ボックスカルバート		重量				セグメント組立(40分)					
	残土ダンプ	33台(12台×2.75回転)											
	ボックスカルバート運搬	2台											
	重量付加部材運搬							4台					
	セグメント運搬								4～5台				

表-3　ボックスダンプ工法の長所と短所

項　目	長　所	短　所
Q(品　質)	・プレキャスト部材使用のため，精度が良い	・プレキャスト部材のため，現場合せ施工はできない
C(コスト)	・設置労務費，機械費は減少する	・材料費は上昇する
D(工　程)	・設置が早く，後工程が少ない ・坑内に特別な機械が少なく，故障のリスクが少なく，設備のメンテナンスも減る ・土砂搬出機械の設置・撤去工程を短縮できる	・なし
S(安　全)	・組立作業の配置人員が少なく，限定作業であり安全である ・各種設備設置・撤去作業が少なく，安全である	・大型の重量物を扱うので，適切な揚重設備が必要 ・坑内の運行車両が増える
E(環　境)	・ボックスカルバート内を風管として利用できる ・全線延伸ベルコンを使用するよりも坑内の粉塵が減る	・坑内車両が増えるので，排ガス対策が必要となる

コストでは，設計案の場所打ちの間詰めコンクリートに比べ，プレキャスト製品を使用することで材料費は上昇するものの，枕木の設置撤去や間詰めコンクリート打設費などの労務費が削減できる．土砂搬出機械費だけ見ると連続ベルコンなどの土砂搬出工法に比べて75～92%と削減できた．本工事においては，トータルとしてこの工法による大幅なコスト増はなかった．それよりも，その他の項目(品質，工程，安全，環境)のメリットは多少のコスト増と比較しても得がたいものだと思われる．また，同規模の道路シールドトンネルで施工されたプレキャスト床版による路盤構造と，今回のボックスカルバートと重量付加部材を設置する路盤構造の作業効率を比較すると，1/4以下の労力(人工)で施工できることを確認した．浮上り対策が必要ないトンネルにおいても検討の余地があると考えられる．

6　残された課題

今後この工法を採用する際に課題となると考えられる項目を述べる．

(1)　急曲線区間への適用

本トンネルは平面曲線$R=5000$mが後半あるものの，ほぼ直線だったため，セグメントのようなテーパー付きのボックスカルバートを作成せず，1種類のストレートタイプを使用した．その結果，テーパーセグメントを使用したトンネルのカーブには必ずしも追従せず，ボックスカルバートがセグメントに比べカーブ外側へ流れて行きやすい傾向があった．現場では，設置の際に左右の目開きを調整して対応したが，今後急カーブを有するトンネルで適用する際は，テーパータイプを事前に準備しておいたほうが良いと思われる．

(2)　長距離施工への適用

本トンネルは，トンネル延長が1,470mと比較的短かったため，運行距離が最長となり，車両数が最大となる到達直前でも，土砂搬出ダンプが14台，資材運搬ダンプが7台でサイクルが成立した．しかし，今後長距離トンネルで適用する際は，より多くの車両が運行しなくてはならず，安全な走行の確保に，よりいっそう注意しなくてはならない．当現場では，入場後すぐに運行ルールや他社車両との連携方法を，まず新規運転手に教育し，さらに1週間は指導員付きで運転指導を受けさせた．土砂荷受けの際，狭隘な後続台車への入退運転やターンテーブルでの操作を行う必要があるため，訓練中に新規運転手の技量や適性を見極めて採用か不採用か職長が判断し，乗車が可能となるルールを徹底した．

7　おわりに

今回は，プレキャスト部材を大幅に使用し，特殊な機械を使わずに，工事の単純化，パターン化を図った．これにより海面下・小土かぶり区間での掘進トラブルはなく，計画どおりに掘進を完了することができた．

本報告が，類似のトンネル工事の施工に多少なりとも参考になれば幸いである．

セグメントの新技術

小泉　淳 監修　B5判 132頁　本体定価 2,000円(〒300円)

株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話　(03) 3267-2888 (代)　振替 00110-8-190072

施工

運河下軟弱地盤をφ8m大口径シールドで6.6mの小土かぶり・R60m急曲線施工

—東京都下水道　砂町水再生センター雨水放流渠—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課長　久本洋二
日本下水道事業団関東・北陸総合事務所施工管理課主幹　菅井雅之
フジタ・佐藤・株木特定建設共同企業体砂町シールド作業所所長　佐藤工
フジタ・佐藤・株木特定建設共同企業体砂町シールド作業所工務課長　磯崎智史

1　はじめに

都市部の下水道や雨水排水路のシールド工事においては，おもに道路下を占用するといったルート上の制約などから，急曲線の施工が必要となることが多い．一方，二次覆工一体型セグメントは，工場生産により二次覆工コンクリートの品質が安定し，工期の短縮，維持管理費の削減が期待でき，高品質・高耐久，コスト縮減が求められる昨今，都市部におけるシールド工事で多くの採用が見込まれている．

二次覆工一体型セグメントのリング間接合部にワンパス継手を採用する場合，スペースの関係で設置可能な継手数に制約がある．また，急曲線部では施工時にシールドテール部からリング間継手にせん断力を受ける．そのため，急曲線部では直線部・緩曲線部に比べてリング間接合部で高いせん断耐力が要求される．そこで，筆者らは二次覆工一体型コンクリート中詰め鋼製セグメントのリング間補強部材を開発し，実験による耐力検証を行い，現場計測で作用荷重とシールド制御との相関を確認した．

また，感潮域である砂町運河を小土かぶりで横断するための間隙水圧と連動した泥水圧管理，軟弱地盤における高精度掘進のためのテールクリアランス・真円度常時計測による施工管理についてもあわせて報告する．

2　工事概要

本報告の対象工事である東京都砂町水再生センター雨水放流渠工事の工事概要を**写真-1**に，路線

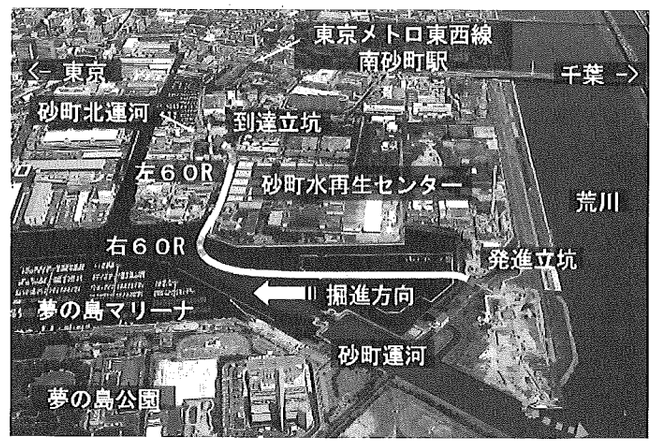


写真-1　東京都砂町水再生センター雨水放流渠概要

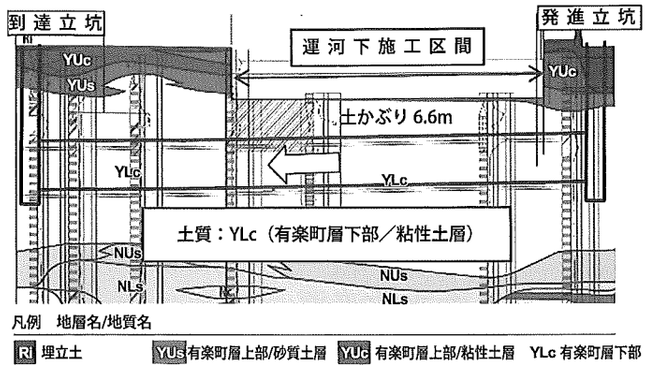


図-1　路線縦断図

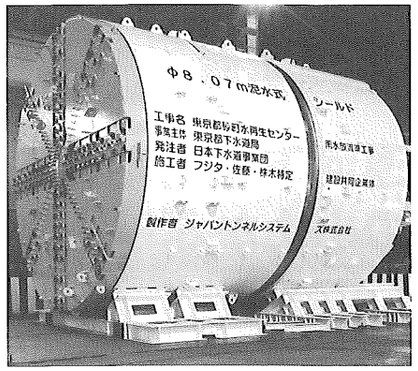


写真-3　φ8.07m泥水式シールド



写真-2　急曲線区間(右60R)

縦断図を図-1に示す．本工事は最小土かぶり6.64m，延長1,539m，セグメント外径φ7,900㎜の小土かぶり・大口径の泥水式シールド工事である．路線の大半は砂町運河の下を掘進し，掘削地山は超軟弱な粘性土地盤である．縦断線形は一定勾配であるものの，運河下を掘進することから，土かぶりが急激に変化する護岸部や，土かぶりが1D（シールド外径）以下の運河下での急曲線部施工（R＝60m，写真-2）など，難易度の高い工事である．

シールドは，発進後46mで運河下に入り，土かぶり6.6m程度で右R＝60mの急曲線を含む900mの距離を運河下で掘進する．掘削土質は，全線が有楽町下部粘性土層であり，N値＝0～2程度の非常に軟弱な粘性土である．

平面線形はR＝60m急曲線が2か所，R＝100m曲線が2か所(S字)であり，縦断線形はi＝1‰の下り勾配である．一般に軟弱な地盤における急曲線施工は，曲線外側の地山反力が確保できないためにオーバーランしやすく，シールドを計画線に乗せるために片側のジャッキを偏重して使用し，セグメントに過大な荷重をかけることがないよう，適切な掘進管理が必要となる．

表-1　シールド仕様

項　目	仕　様
シールド外径	φ8,070㎜
シールドジャッキ	2,500kN×34.3MPa×1,800㎜×24本
中折れジャッキ	3,000kN×34.3MPa×650㎜×16本
最大中折れ角度	左右4.5度，上下0.5度
コピーカッタジャッキ	195kN×20.6MPa×120㎜×2本

上述のような超軟弱粘性土，1D以下の最小土かぶり6.6mを考慮し，掘進中の地山の崩壊・沈下対策としてシールドを写真-3，表-1のような仕様とした．

3　各種計測技術を活用した高品質施工管理

セグメント組立て前後のトンネルの形状計測は出来形精度向上に有効であるといわれている．しかし，各種設備が輻輳するシールド内部においてはこれら設備が障害となるために，レーザ距離計や測量テープによる手動の計測は困難であった．本工事では，セグメントの組立て状態を複数のセンサで連続計測し，マシンオペレータ用モニタや事務所内モニタに表示・保存してシールド掘進管理やセグメント組立て管理，ジャッキコントロールなどにリアルタイムに活用した(図-2)．

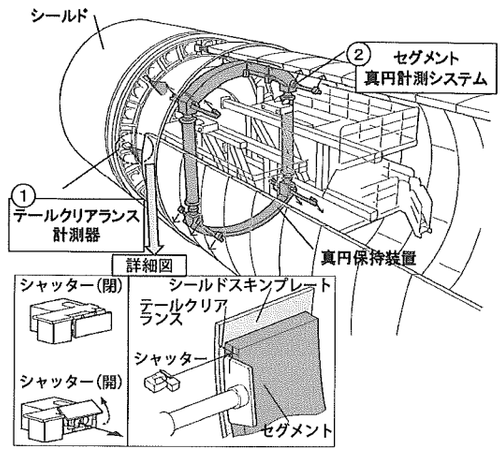


図-2　シールド計測概要

以下に各計測項目について詳述する．

3-1　テールクリアランス計測システム

本システムは，組立てられたセグメントとシールド内面との隙間をレーザ光と画像認識センサを用いて計測し，シールド内面とセグメント外面のせりが発生することのないよう監視するとともに，計測結果をリアルタイムに掘進管理に反映するシステムである．本工事では，テール部の7か所に画像認識センサを設置し，シールド掘進信号受信時に連続して計測を実施した．図-3に上部，右部，左部のテールクリアランス計測例を示す．

本システムによりオペレータがテールクリアランスを常時監視することが可能となり，掘進管理へフィードバックさせることでクリアランスの変動を±10㎜(セグメント内径の1/700)以内という高い精度で制御することができた．

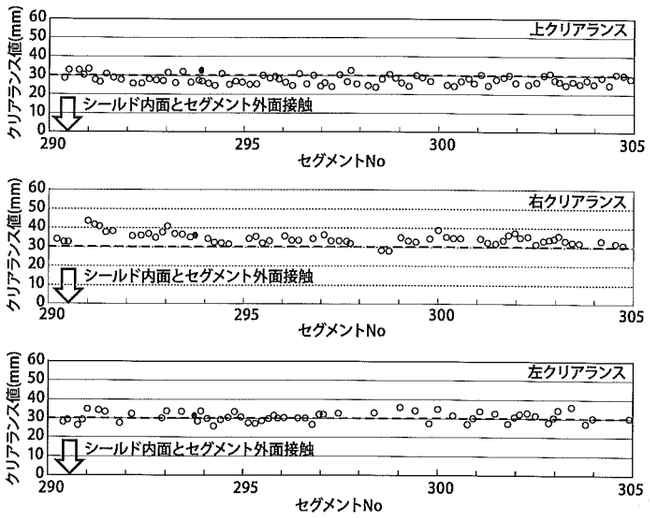


図-3　テールクリアランス計測例

3-2　セグメント真円計測システム

セグメントを正確な円形に組立て管理することは，①応力的に優れている真円を前提としてセグメントが設計されていること，②セグメント継手面の損傷を防止すること，③シール材の止水効果を適切に確保することなどから重要である．本システムは，セグメントの組立て直後から地山応力を直接受けるまで掘進中もリアルタイムに真円度を連続計測し，セグメント組立て管

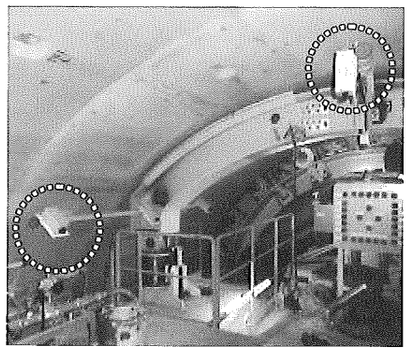


写真-4　セグメント真円計測器

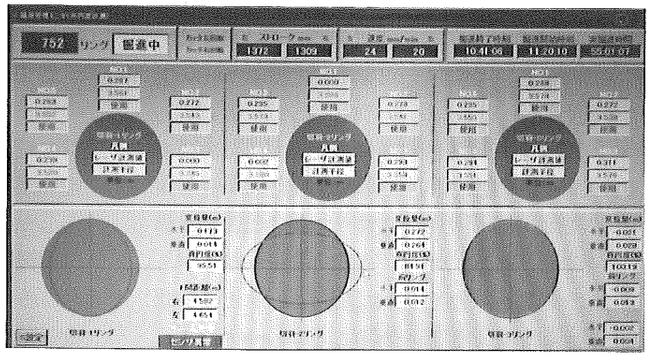


写真-5　セグメント真円計測の表示例

理と真円保持装置の制御に反映させるシステムである(**写真-4**)．**写真-5**に計測画面の一例を示す．

3-3　切羽水圧の潮位(間隙水圧)変動対策

運河下の間隙水圧は潮位変動の影響を受けるため，掘削時の切羽水圧が不適切な場合，土砂の取込み過剰や逸泥を招き，運河底面の陥没や切羽崩壊によるトンネルの不安定化を引き起こす可能性がある．そこで，地盤中の間隙水圧変動を切羽水圧の設定に適用することとした．**図-4**に潮位変動にともなう各種水圧変動の例を，**図-5**に間隙水圧を切羽水圧制御に反映させたときの泥水の偏差流量を示す．偏差流量は掘削時の取込み過剰や逸泥を表す指標であり，次式にて求められる．

偏差流量＝排泥流量－(送泥流量＋掘削断面積×ジャッキ伸長速度)

間隙水圧変化を切羽水圧に反映させることで，偏差流量が0 m³/min付近に集中し，安定した掘削が実現できたことを示している．本件のような潮汐の影響が大きい箇所でのシールド工事管理に有効であることが確認できた．

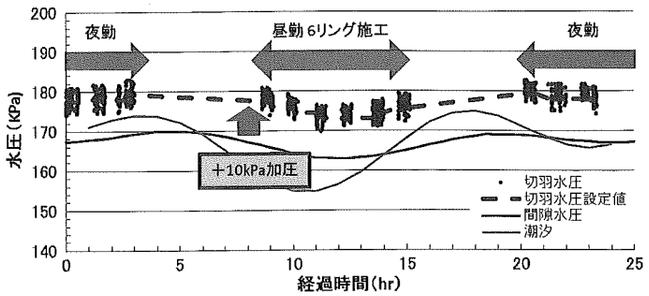


図-4　各種水圧の変動例

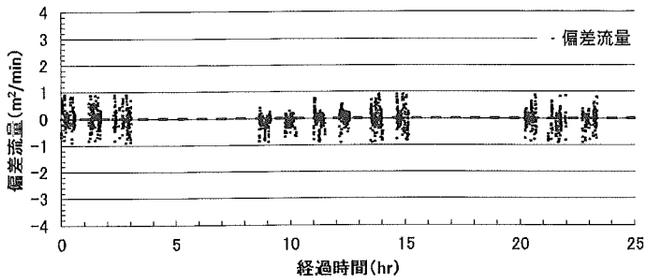


図-5　間隙水圧設定後の泥水偏差流量

4　リング間接合部の補強

4-1　施工時作用荷重

下水道のシールド急曲線部の施工において，シールドテール部からセグメントのリング間接合部に作用する荷重は，**図-6**に示すように切羽圧の合力と推進ジャッキ荷重のO点を中心とするモーメントの釣合い(式(1))から幾何的にせん断力(式(2))を算定し，施工時設計作用荷重としている．これらは，設計で考慮しているものの，実際にシールドテール部から作用する施工時せん断力は，直接計測することが困難であり，既往の実験・解析例[5]，現場で実測された事例[4]においてもせん断力の直接計測は難しい課題であることがうかがえる．

$$M_j=\Sigma\,(P_{ji}\,L_{ji})=F\,L_G+S_T\,L_T \qquad (1)$$

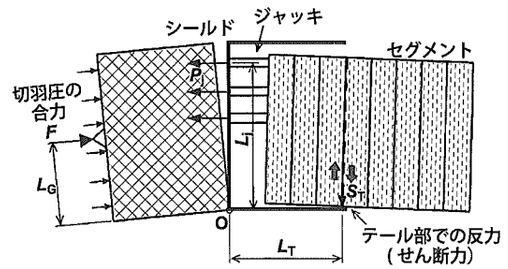


図-6　シールドテール部から受けるせん断力[1]

$$\tau=S_T/A=\{\Sigma\,(P_{ji}\,L_{ji})-F\,L_G\}/(L_T\,A) \qquad (2)$$

τ ：リング間ボルトに発生するせん断応力度

A ：リング間ボルトの総断面積

4-2　補強概要

施工時の設計せん断力[2)~4)]を考慮したとき，ボルト本数の増加は施工性に課題があるため，せん断力をボルト断面だけでなく，リング間接合部に補強リングを設置してせん断力を分担させることとした．

写真-6に本工事で採用した二次覆工一体型コンクリート中詰め鋼製セグメントとリング間接合部せん断補強金物を，**図-7**にリング間接合部のせん断補強詳細を示す．

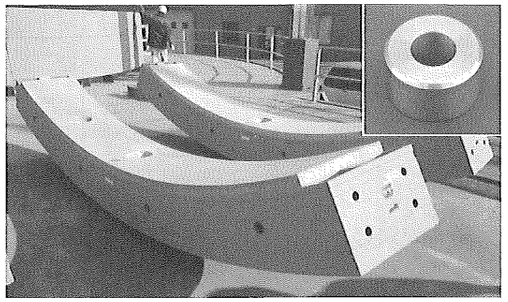


写真-6　二次覆工一体型コンクリート中詰め鋼製セグメントとリング間接合部せん断補強金物

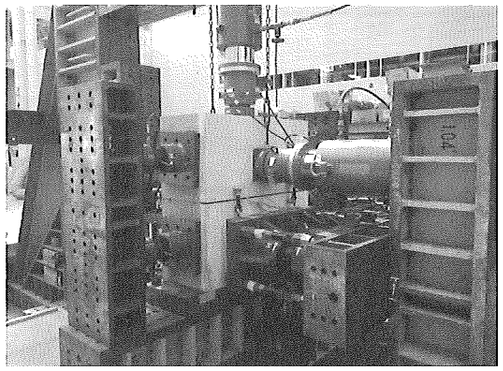


写真-7　実大せん断実験

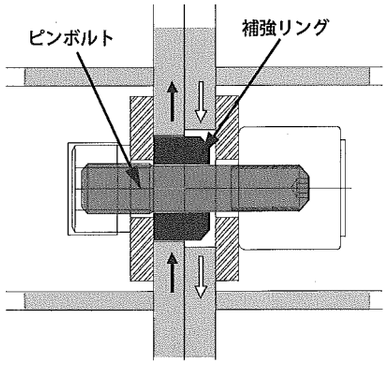


図-7　リング間接合部せん断補強詳細

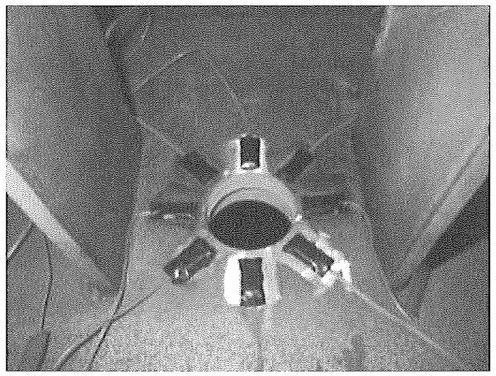


写真-8　桁鋼板のひずみゲージ

4-3　実験計画

接合部のせん断補強リングが所要のせん断耐力を保有することを検証し，また別途実施する現場計測で得られたひずみデータから作用荷重に変換するため，リング間接合部の実大のせん断実験を行った．実験状況を**写真-7**に示す．

試験体は実大セグメントのリング間接合部1か所を挟む1,000㎜を切り出した形状とした．鉛直ジャッキはシールドの推進ジャッキを，水平ジャッキはテールブラシからの反力を想定している．接合部材に作用する荷重を実験で直接計測することは困難であるため，**写真-8**に示すように，接合部周辺の鋼製セグメントの桁鋼板に放射状にひずみゲージを貼付した．

4-4　実験結果

実験に先立ってピンボルトと補強リングのない状態でリング間接合部の推進ジャッキ(軸力)による摩擦力を確認した(**図-8**)．摩擦係数は0.32であり，各軸力水準においても安定した値を示した．

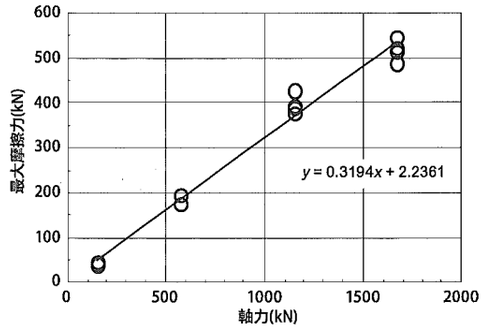


図-8　軸力と摩擦力の関係

実験結果として，荷重-変位関係を**図-9**に示す．実験結果から継手1本あたりの耐力は1,156kNであり，図-6の設計モデルにより算定された設計施工時最大せん断力746kNに対して，安全率1.5を確保できた(安全率F_s＝1,156÷746＝1.54)．

実験時の桁鋼板の発生ひずみ分布を**図-10**に示す．設計荷重に対して，補強リングと鋼板の接触

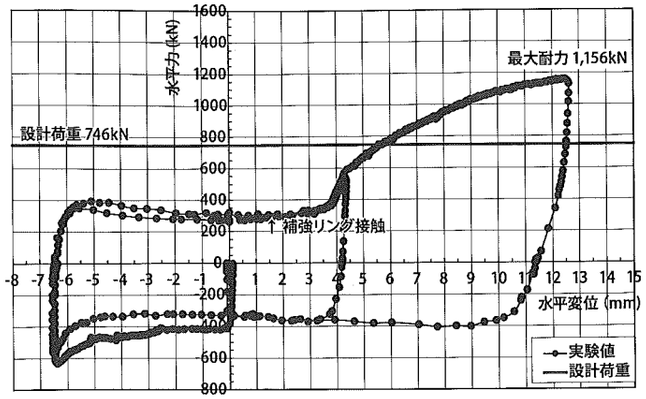


図-9　荷重-変位関係

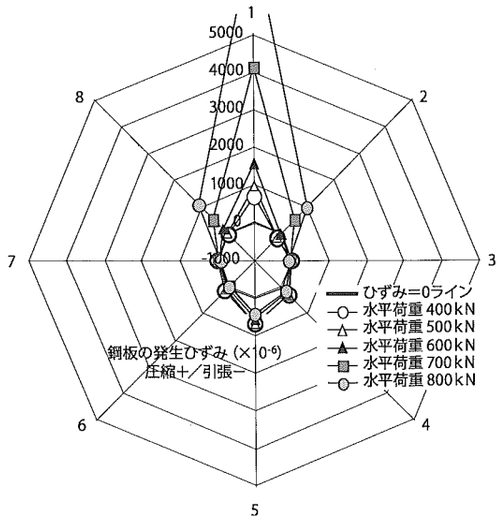


図-10　桁鋼板の発生ひずみ分布（1の方向に加力）

する点は部分的に高いひずみが発生するが，全体としては1,000μ以下の水準である．また，このせん断力と鋼板ひずみの関係を，施工時計測の荷重算定に使用することとした．

5　リング間接合部の現場計測

5-1　計測計画

施工時にセグメントリング間に作用するせん断力を定量的に把握するために現場計測を行った．計測リングの詳細な位置を**図-11**に示す．計測は路線終盤の左*R*60の急曲線区間において，曲線の中間(1,295リング)と終了(1,382リング)の2リングについて実施した．

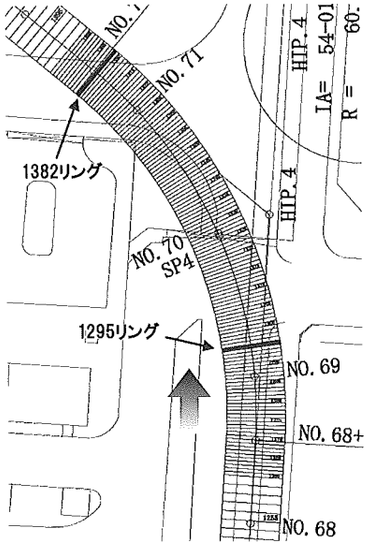


図-11　現場計測リング位置(左60*R*)

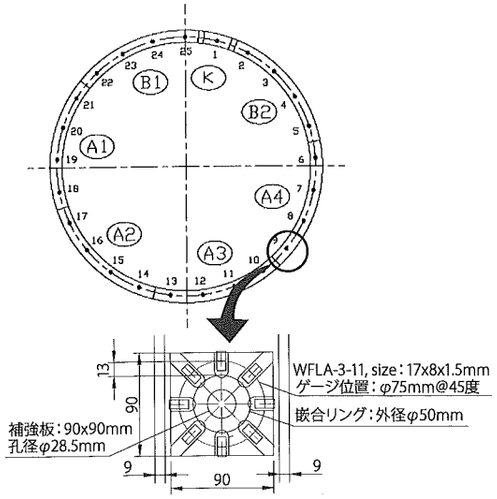


図-12　計測箇所詳細図

計測は実験で実施した方法と同様に，リング間ボルト25か所の桁鋼板に放射状に貼付したひずみゲージにより，ひずみを計測した(**図-12**)．計測は1分間隔とした．

5-2　ひずみ計測結果

計測結果の一例として，1,295リングのNo.9ボルトおよびNo.10ボルト周辺のひずみの経時変化を**図-13**に示す．テールブラシの接触時を着色部

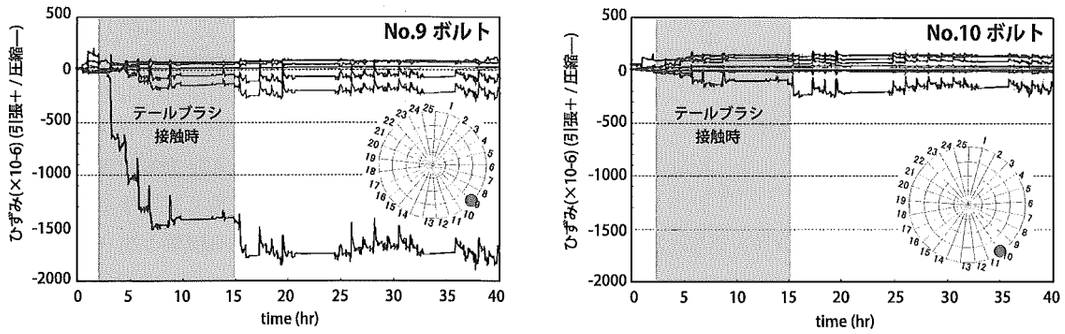


図-13　桁鋼板ひずみの経時変化(1,295リング)

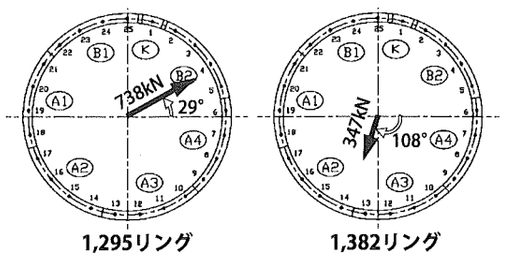


図-14　各リングの最大時の荷重合力と方向

で示している．No.9ボルトはとくに大きなひずみが発生したボルトであるが，その隣のNo.10ボルトはほとんどひずみが発生していない．これは，セグメント製造時・組立て時の微小な精度によるボルトの当たり具合によって，計測値が影響を受けているためと考えられる．

No.9ボルトでは，テール接触開始時から1か所のひずみが漸増し，テールブラシ接触後に最大値を示し，その状態を維持している．No.10ボルトでは発生したひずみは小さいが，No.9ボルト同様にいったん発生したひずみは，そのままの状態を維持している．これは，その後10日程度の継続計測において確認している．

5-3　換算荷重分布

得られたひずみを計測に先立って実施した実験結果にもとづき荷重換算し，全体としての荷重合力と方向を示したものが**図-14**である．1,295リングは右上方へ738kN，1,382リングは左下へ347kNであった．1,295リングと1,382リングは同じ曲線であるが，荷重の大きさ，作用する方向が異なっている．これは，後述する1,295リング(曲線初期)と1,382リング(曲線終盤)の掘進制御の差が影響したものと考えられる．

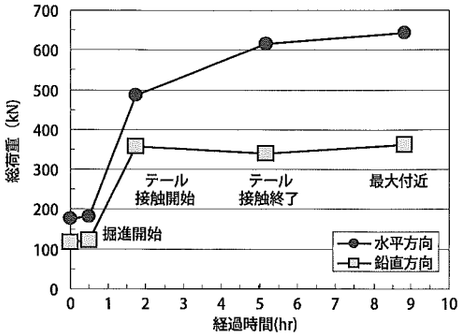


図-15　1,295リングの荷重経時変化

5-4　荷重の経時変化

図-15に1,295リングの水平方向，鉛直方向の荷重合力の経時変化を示す．テール接触手前の段階から荷重増加し，接触終了後しばらくあとに最大値を示していることがわかる．

5-5　施工時外力の推定

実大実験時に，ジャッキ推力の30%程度がリング間の摩擦力として作用することを確認したため，下記のとおり，ジャッキ推力とひずみから換算した作用荷重から施工時のせん断力を推定し，リング間接合部のせん断耐力と比較した．計測値と設計せん断力に高い相関が認められる．また，摩擦を考慮したリング全体の安全率は5.5であった．

(1)　計測せん断力

桁ひずみからの推定外力	738kN
摩擦力	14,000kN×0.32＝4,480kN
推定外力	738＋4,480＝5,218kN

（2） 設計せん断力

稼働ジャッキから式(2)より算出

設計せん断力　$\tau=\{\Sigma(P_{ji}L_{ji})-FL_G\}/(L_T A)$

$=5{,}211\text{kN}$

（3） せん断耐力(実験値)

ボルト１本の耐力　$P_u=1{,}156\text{kN}$

ボルト25本の耐力　1,156kN×25本＝28,900kN

（4） 安全率

安全率　$F_s=28{,}900/5{,}218=5.54$

5-6　掘進ジャッキパターン

本報告のシールドは，24本のジャッキで推進している．計測セグメントがテールブラシを通過する際に稼働させたジャッキパターンを図-16に示す．ジャッキは稼働，未稼働の切替えのみの制御であり，総推力を稼働ジャッキ本数で除した値が１本あたりのジャッキ推力となる．

5-7　掘進ジャッキストローク

稼働ジャッキの計測セグメントがテールブラシを通過する際の左右ジャッキのストローク差を図-17に示す．

1,295リング(曲線途中)は，シールドの中折れ角を4.4°とし，左右の掘進ジャッキストローク差を有する掘進制御を行った．

一方，1,382リング(曲線出口)は中折れ角 0°，左右の推進ジャッキストローク差をゼロとする掘進制御を行った．そのため，同一曲線区間内であっても，ひずみから算定したリング間せん断力の大きさ，作用する方向が異なる結果となったものと考えられる．

これらの結果は，左右均等の掘進制御をすることにより，実際に生じるリング間せん断力を非常に小さく制御できることを示唆しているものと考えられる．

5-8　掘進時のテールクリアランス計測

計測対象セグメントについて，計測セグメント組立てから計測セグメントがシールドテール部を抜けるまでの間のテールクリアランス分布を図-18に示す．

計測セグメントのテールブラシへの接触などの作用せん断力に影響があると思われる段階ごとにピックアップした．グラフは２つの計測セグメントを同じ図に示している．リングごとの顕著な差は認められなかった．

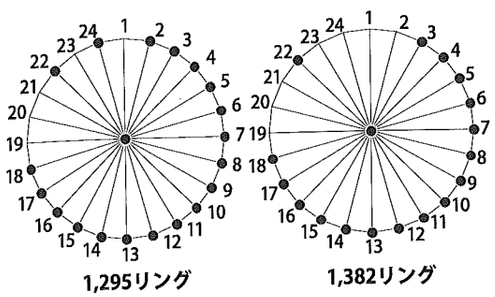


図-16　掘進ジャッキパターン例

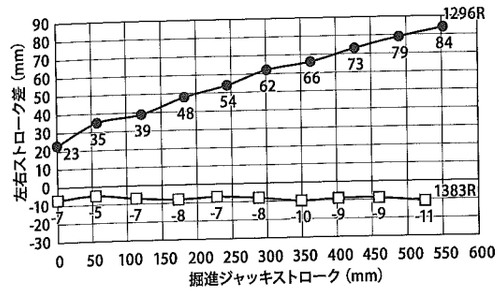


図-17　推進ジャッキ左右ストローク差(テールブラシ通過時，右-左)

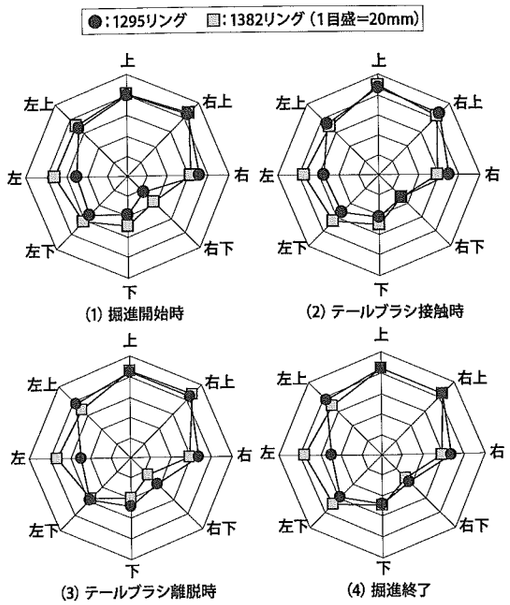


図-18　テールクリアランス計測結果例

6　おわりに

本報告では，各種計測技術を活用した施工管理事例を紹介した．これらの計測データのフィードバックにより，精度の高い掘進制御とセグメント組立て誤差の低減を実現した．

一方，新たに開発したリング間接合部の補強部材の構造性能を確認するとともに，急曲線区間での施工時計測により，セグメントリング間に作用する施工荷重の推定を試みた．テールせん断力の発生要因(テールクリアランス，稼働ジャッキ位置，左右ジャッキストローク，中折れ角ほか)のうち，カッタフェイス面の角度に直接影響するジャッキストロークと中折れ角の影響が大きいと推察された．『シールド急曲線部の設計検討の手引き』[1]による施工時荷重は，接合面摩擦力を考慮することで，現場計測結果と高い相関が認められた．

最後に本施工を進めるにあたり，小泉淳・早稲田大学教授，日本シビックコンサルタントの大塚孝義氏から多大なるご指導を賜った．ここに感謝の意を表す．

参考文献

1) 東京都下水道局建設部：シールド急曲線部の設計検討の手引き，2002.9.
2) 東京都下水道サービス：下水道シールド工事用二次覆工一体型セグメント設計・施工指針，2009.2.
3) 土木学会編：トンネル標準示方書［シールド工法編］・同解説，2006
4) 小泉淳・村上博智・石田智朗・高松伸行：急曲線施工用セグメントの設計法について，土木学会論文集，No.448/Ⅲ-19，pp.111-120，1992.6
5) 木股浩孝・伸山貴司・津野究・粥川幸司・小西真治：シールドテールとセグメントの接触を考慮した施工時荷重の解析的検討，土木学会論文集F1(トンネル工学)，Vol.69，No.1，pp.73-88，2013.
6) 菅井雅之・平野正彦・佐藤工・春田俊哉・平野勝識：急曲線シールドトンネルにおけるリング間接合部せん断補強，土木学会トンネル工学報告集，pp.315-322，2013.

■図書案内

地　下　水　の　科　学　— 全３巻 —

P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ　共著
地下水の科学研究会・大西有三　監訳

地球という複雑なシステムを循環する水，とくに地下水循環を考え，汚染地下水など環境問題を地下水理学の立場から取り扱うため，水の物理的・科学的性質，地球の状況，水資源としての地下水の状況，地下水の水理学的特性とその調査方法などをわかりやすく解説した．



第Ⅰ巻　地下水の物理と化学
4,078円＋税　B5判
■序論■岩石における空隙の起源と透水性■地下水の動き■岩石の弾性的な性質と流れの方程式■水理試験（モデル，方法と応用）■溶質と粒子の輸送■汚染物質の水理地質学入門

第Ⅱ巻　地下水環境学
4,272円＋税　B5判
■地下水の化学■化学反応■物質輸送の数学理論■地下水による物質輸送（水質編）■地下水による物質輸送（地質編）■物質の輸送のモデル■輸送プロセスとパラメータ同定■水質浄化対策

第Ⅲ巻　地下水と地質
3,689円＋税　B5判
■水資源■堆積盆水循環における地下水■地殻における地下水■地下水流動における熱輸送

株式会社 土木工学社
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888　FAX: 03 3267 2807　http://www.tunnel.ne.jp

土木情報 No.492 今月の主な入札結果

（4月10日～5月9日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
関東地整	H25新笹子T補修その2	日特建設	129.5
〃	東京国際空港構内道路立体交差点部函渠拡幅及び地盤改良等	大本組	477
〃	圏央道弓田地区函渠	常総開発工業	110
近畿地整	近畿道紀勢線要害山T	大豊建設	319.68
東日本高速道路	北海道横断道蘭島T	鴻池組	3,389.4
〃	北陸道上越管内トンネルはく落防止対策	ホーク	430
〃	〃 新地蔵Tはく落防止対策	日特建設	223.6
中日本高速道路	新名神四日市西T	大林・東急JV	8,714
西日本高速道路	関門T天井板改良	ケー・エフ・シー	1,110
〃	舞鶴若狭道真倉T	鴻池組	1,660
山梨県	R300灯第一T(仮称)建設(一部債務)	早野・松井・砂田JV	1,419.8
福井県	原子力災害制圧道路等整備(交付金)(仮称)新大島T犬見工区	飛島・西村・山本・羽崎JV	5,758.8
〃	〃 大島工区	坂川・時岡・前田JV	1,640
三重県	R260(木谷BP)道路改良(木谷T〈仮称〉)	日本土建・稲葉・谷口JV	1,324.08
和歌山県	R424(仮称清川T)道路改良	淺川・尾花JV	655
大分県	H25治ダ第2号転流T(玉来ダム転流T)	梅林・ミヤマJV	510
藤沢市	鵠沼東部1号貯留管導水管築造	飛島・エノモトJV	710
名古屋市	露橋雨水幹線下水道築造(その2)	ピーエス三菱	228.8
〃	正保 〃 (その3)	西武建設	232.9
福岡地区水道企業団	大容量送水管整備事業春日市惣利外送水管布設	戸田・宮川・オカトクJV	956.08

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

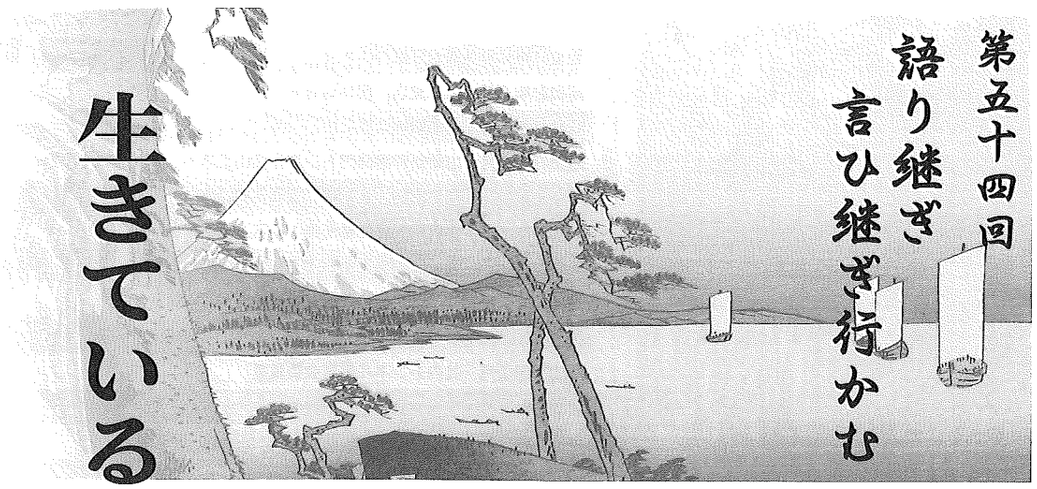
1. 原稿は弊社ホームページ(http://www.tunnel.ne.jp)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます.
2. 原稿のボリュームは，原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む).
3. 原稿掲載の採否は，本誌編集委員会で審査のうえ決定します.
4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします.
5. 原稿は，原則として返却いたしません.

（注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません）

送付先　株式会社土木工学社 編集部 投稿係

〒162-0832東京都新宿区岩戸町16　メイジャー神楽坂

電話（03）3267-2888(代)



生きている山とともに

(元)西松建設(株)
水本節生

はじめに

トンネルという活字がテレビの字幕に出ると「何事があったのか？」「大事に至ることがなければいいが……」と念じつつ，わがことのごとく見入ってしまう．現場を離れて20年余りになっているが，これまでに携わってきた数々のトンネルでの出来事，一緒になって汗を流しあった人々の姿が走馬灯のように浮かんでくる．

このたび，「語り継ぎ　言い継ぎ行かむ」の執筆依頼を受けた．これは難題である．現場が行き詰まったおりには，先輩方に尋ね合わせたり，工事誌などの参考文献を読み漁ったりしたものである．いつの時代でも先人の知恵を学びとり，過去を振り返ることは重要であり，先輩から後輩に語り継いでいくことも忘れてならない「たいせつな」ことである．

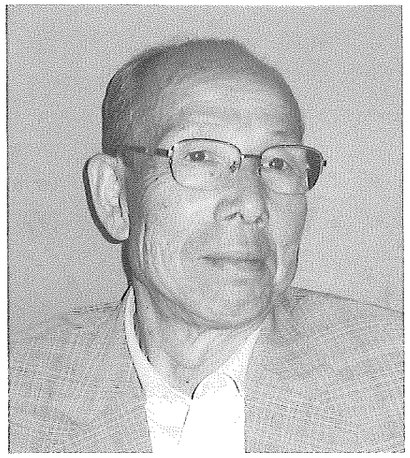
先人たちがご苦労を重ねられたうえで書き残されているものがある．神様のお一人である足立貞嘉さんの「隧道十訓」．また，国鉄技師長をされていた加納俟二さんの「ヤマは生き物」という言葉．これまた至言である．相手(ヤマ)によっては，ご機嫌を取ったり，あるいは騙したり，またあるときは強引に力で対抗したり．「ヤマの相をみて，これを適切に判断できないようでは，トンネル技術者であらず」と手厳しいことをおっしゃっている．まさに，「ヤマは生きている」．その現場を体験できたのである．当時の苦労も忘れ難き想い出として，脳裏に焼き付いている．

トンネルとの出会い

トンネルとの出会いは，学生時代(昭和37(1962)年)まで遡る．

最後の学校行事で現場見学会があった．意外に目で見てきたことは鮮明に記憶として残っているものである．現場は東海道新幹線の新丹那トンネルである．

見学会では，熱海の来宮坑口から入った．案内役は当時の国鉄の



著者近影

著者略歴

昭和37年４月	西松建設(株)入社
昭和37年４月	九州支店，農林省有明干拓工事
昭和46年５月	各種敷地造成工事
昭和47年６月	山陽新幹線関門トンネル桃山工区トンネルその１工事
昭和50年１月	関東支店，上越新幹線浦佐ずい道(中)工事(工事係長～副所長)
昭和56年７月	群馬県矢倉発電所第１工区工事　所長
昭和60年８月	北越北線鍋立山T(中)他６工事所長(第二期工事)
昭和63年５月	社内トンネル委員会常任委員
平成４年２月	中部支店，北陸新幹線御牧原T(西)他工事所長
平成５年７月	社内トンネル委員会委員長
平成６年５月	中部支店次長，御牧原トンネル出張所所長兼務
平成８年７月	本社土木部副部長
平成10年３月	定年退職

助役さんである．濃紺の作業着にカーキ色の保安帽を被っておられたのは覚えているが，どんな説明を受けたのか，耳で聞いたはずの話の中身はまったく覚えていない．私たちも同じいでたちになり，さらに雨がっぱを着て，ずりトロの中に乗り込み坑内へ向かった．当日は休業日とあって実作業はなく，物音ひとつしなくて静かであった．照明はあるものの，辺りは薄暗く，湿気があり，機械油のような臭いがあり，壁面の矢板からは湧水が滴り落ちていた．身の不安さと同時に情熱・ロマンのようなものを感じた．

当時，都内は東京オリンピック開催に向け，土木，建築工事が真っ盛りであった．また，東海道線に並走して進められていた新幹線工事，これまた土木工事のオンパレードであった．この現況を目の当たりにした．また，このころに創刊になった雑誌『土木施工』のグラビアを眺めたり，設計会社でのアルバイト，北海道開発局での実習などを積み重ねているうちに，自然相手の仕事に心を惹かれていった．教職に就くものと決め込んでいた(東京教育大卒)親の期待に背いて選んだのは西松建設である．

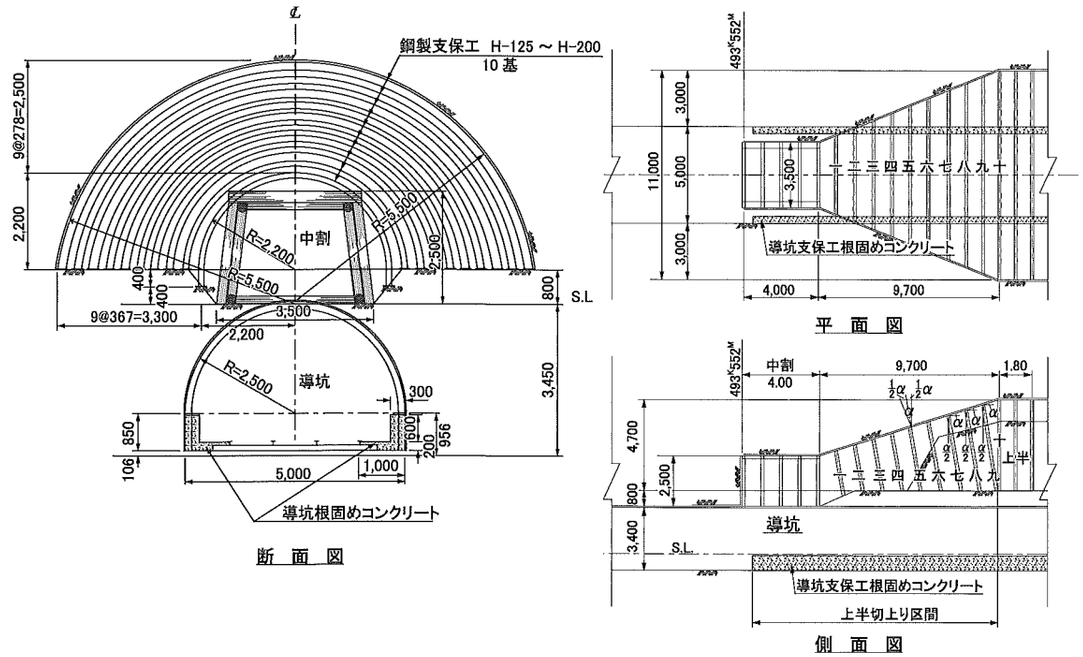
最初の赴任地は海相手の農林省有明干拓工事である．食糧増産の時代である．その規模の大きさに驚いたが，潮間作業の厳しさを知ることができた．日本列島改造論が叫ばれるなか，「ひかりは西へ！！」のキャッチフレーズを掲げて大阪から博多までの山陽新幹線工事がスタートした．ここへ転勤となり，モグラの稼業の始まりとなった．

新関門トンネル

赴任地は新関門トンネル(桃山工区)である．鉄道トンネル，道路トンネルに次ぐ，関門海峡を横断する３番目の海底トンネルである．トンネル延長18,675mの長大トンネルである．下関側より藤ケ谷，火の山，和布刈(めかり)，金山，奥田，桃山，富野の７工区に分けられた．

担当した桃山工区(2,740m)には問題点として北九州・門司区の軟弱な市街地の地下層を通ることがあった．ここは風化した脆弱な花崗岩からなる地層に加えて，国道3号下を掘削するなどの技術上の課題を有していた．斜坑640mで入り，上口870m，下口1,870mは底設導坑先進上半工法を，下口のうち，問題のかぶりの小さい脆弱な風化花崗岩の420mは側壁導坑先進上半工法を採用した．

関門トンネルの完成が山陽新幹線の開業開始に影響することから，国鉄下関工事局より工期短縮の命題が課せられた．当工区では，問題の側壁導坑区間がネックとなった．打開策として，この場所に「上半切羽」を増やすことにした．上半切上り工法として「後光普請」と「ラッパ形切上り」があるが，地質，工夫の技量，安全面の点から「ラッパ形切上り」とした．直上は国道3号が走り，住宅街であり，学校・民家も多く，上半天端より地表面までのかぶりは約30m



ラッパ形上半切上り工法

しかない．まずは底設導坑の頭上に中割り掘削を行った．ここを基地にしてボーリングを実施し，上半盤の地質の調査をした．ここに薬液注入をして，地盤強化を図ったうえでラッパ状に１mピッチで漸拡しながら，都合10基で所定の位置に切上り，「上半切羽」を増設して初期の目的を達成させることができた．

ここにエピソードがある．

線増一課長をされておられた吉川恵也さんが，中割り基地を巡回された際，ボーリングコア箱を見ながら，「コアの見方は知っていますか？」と言い「コアを二つに折るとその断面は五家宝(ごかぼう)(埼玉郷土銘菓)のようになっているが，外側の表面ではなくて，中央部の乱れていない部分を見て，岩の判断をするんですよ」と，本質を見ることのたいせつさをニコニコしながら話をされた．

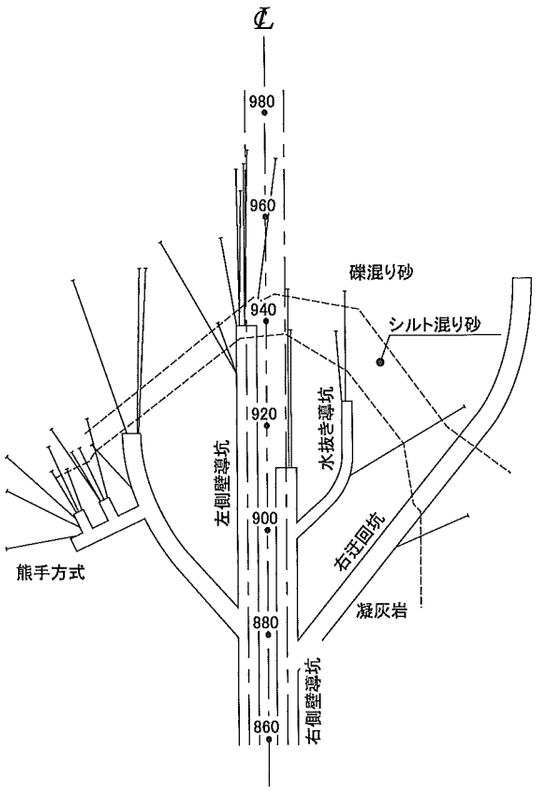
また，工事区長をされていた桜井三男さんにも想い出がある．先進していた側壁導坑の切羽は，国道３号直下のマサ山に入り，湧水がひどくなり，しばしば崩落しては，薬液注入のくり返しであった．桜井区長はこの様子を見て，「湧水は止めずにどんどん抜け」とおっしゃった．即実行に移した．側壁導坑切羽の手前から外向きに数多くの水抜きボーリングを行った．切羽が立つようになり，効果てきめんであった．しかし，副作用として，地上では井戸の渇水やコンクリート構造物の変状が各所で起きた．その修復作業や給水などの坑外での作業もまた増えてきた．これも都市土木の宿命であろう．

忘れられないのは，海底部の火の山工区の坑内で聞いた関門海峡を通過する船のスクリューの音である．手に取るように間近に，「プルンプルン！！」と聞こえてきたのには驚いたものである．

浦佐トンネル

新関門トンネルを疾走する試運転列車の轟音を坑内で幾度か聞いているうちに，次の任地が決まった．雪国新潟の上越新幹線浦佐トンネルである．

信濃川と魚野川に挟まれた軟弱な地山である魚沼丘陵を貫く6,025mのトンネルである．起点(大宮方)から南・中・西の３工区に分けられ，中工区の2,600mを担当した．地質は，新第三紀の西山層，魚沼層群塚山層から構成されている．その層境でたび重なる土砂流出に遭遇し，最善の対策工



浦佐トンネル189k920m付近水抜き孔配置図

法を模索した．

横坑550mで本坑到達したあと，大宮方，新潟方の両口を側壁導坑先進工法で掘り進めた．大宮方の800mは，西山層の安山岩質角礫岩である．融雪期には，9 t/minに達する湧水もあったが，水抜きのための導坑を先進させながら，早期(昭和50(1975)年７月)に貫通し，部分竣工した．

問題は新潟方であった．切合点より250m程度進んだところで，西山層と魚沼層の不整合面に逢着した．ここより300m間に高被圧水(９kgf/㎠)を持った固結度の低い，砂，シルト，礫の互層帯が横たわっていた．この魚沼層に突入しては，水抜きボーリング，薬液注入，掘削，土砂流出をくり返していた．左右側壁導坑，水抜き坑，迂回坑などで土砂流出は大小あわせて十数回あり，瞬時に800m³の土砂が噴出したこともあった．幸いにも山の神に見守られていたのか，人身事故は１件も出すことはなかった．

そのうち，側壁導坑が掘進中断のやむなきに至った．この休止期間を利用して幾度となく，対策工法を検討した．

ここを突破するための施工検討会には，山形大学の高橋彦治先生，鉄道技術研究所の池田室長，西野局長，本間局長，宮崎次長，山口次長などの方々にもご出席をいただき，以下の各対策法を実施に先立って検討した．

① 地質状況の再検討
② 大口径ボーリングによる水抜き
③ 圧気工法
④ ディープウエル
⑤ 迂回坑，斜坑
⑥ 薬液注入の問題点
⑦ シールド導坑
⑧ 凍結，ソレタンシュ工法

地表からの再調査を開始するのと同時に，側導切羽が止まっているあいだを利用して種々の工法を実施してみたが，なかなか目的を達成できる効果は得られなかった．

最後の打開策として，ソレタンシュ注入工法を試行した．右迂回坑で土砂流出，ロット注入，掘削，また土砂流出ということをくり返していた．ここの切羽で実施した．穿孔機は高性能のビューラー(オーストリア製)を用いた．試験施工でこれが可能となった．問題は所定の位置に注入管(マンシェットチューブ)を建込めるかどうかであった．これが鍵となった．二重管で送水掘りし，地山を荒らすことの少ない中返し方式をとった．φ90㎜の穿孔，20mの注入管の建込み実施の結果，穿孔時に土砂の噴出はあったものの，これが可能となった．試行錯誤をしながら穿孔手順を編み出し，また各種メタルクラウンの改良も行って，この地山に適した工法が確立された．注入剤，注入率，注入圧などの管理についても，その地山状況に応じて各管理が自由自在にでき，くり返しの注入が計画的にスムーズにできた．改良された切羽はまったく水も付いておらず，ピックが立たぬほどまでに改良されていて，目を見張るものになっていた．

ここに，ロッド工法で突破することができなかった切羽を無事に突破できた．ビューラーはロータリー方式とパーカッション方式を併用できた．これにより，高被圧水をもった砂礫層の穿孔が可能となり，鋼製のマンシェットチューブの建込みができた．頼りになる「助っ人」となった．

「迎え掘り」は大幅に遅れた工期の短縮を図るために，新潟方の北工区(既完成済みL＝2,115m)より貫通に向けて側壁導坑先進上半工法を開始した．ここでは，700m進入したところから，支保工の変状，盤ぶくれがひどくなった．膨張圧により鋼製支保工H-125が座屈をおこし，「縫い返し」をくり返した．支保工をH-150に変更し，ストラットを入れても収まることはなかった．魚沼層の膨張性泥岩と砂礫層の互層に遭遇したのである．節理面は切羽の上下方向から水平方向に変化しており，かなりの褶曲作用を受けていた．支保工をさらにH-150のボックスタイプに変更し，かつストラットで対抗した．難航を重ねたが1,150mを掘りきり，薬注をくり返し掘り進んでいた大宮方と貫通することができた．

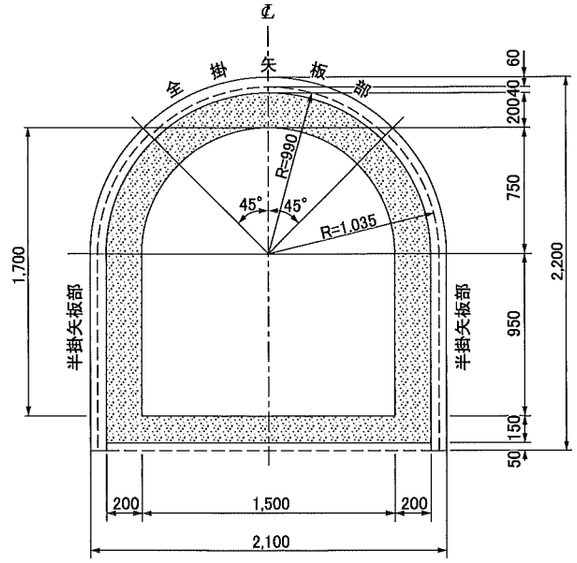
自然的な悪循環が重なり，工事は難渋し試行錯誤をくり返したが，昭和47(1972)年10月の横坑着手から６年を要して，昭和53(1978)年10月に貫通にこぎつけた．貫通式の席上で本間博局長の「忍の一字でした」の祝辞には胸に熱いものを感じた．現場に携わった者にとって，生涯忘れることのできない感激となった．

矢倉トンネル

このトンネルは群馬県矢倉発電所の極小導水路である．新幹線工事の大断面トンネルから一転して群馬県企業局の極小導水路工事の現場に赴任した．当工事は利根川水系の支川・白砂川に取水堰を築造し，ここより3,630mの導水路を通水して，7,800kWの発電を行うものである．建設費のコストダウンを図る目的として，現存する最小の「ずり積み機」の性能から，極小断面(A＝4.15m²)が決定されていた．基盤を構成する岩石は，新第三紀中新世の斜長流紋岩と鮮新世の変朽安山岩であり，穿孔に長時間を要する，いわゆる「しわい岩」であり，火薬を大量に消費した．

発破の芯抜きで，Vカットはもっとも一般的な工法であるが，定められたトンネル断面の幅により制限を受け，掘削長が多くは望めなかった．そこで，シリンダーカット(コロマントカット)を採用し，掘進長に対する課題に対処した．

掘削の苦労は特別なことではないのだが，この地で台風期の未曾有の大豪雨(700㎜/日)にあった．自然の猛威を知ることになった．野尻湖に通じる行き止まりの国道405号は各所で寸断され，現場事務所を設置していた花敷部落も一時は孤立状態となって，自衛隊のヘリコプターが出動するまでの騒ぎとなった．現場被害は甚大なものとなった．最上流部から掘進していた導水路は水没し，取水堰掘削部は埋没し，そこに通じる工事



矢倉トンネル断面図

用道路は流出するやで，工事は中断した．工事箇所が急崖であったため，工事用道路といっても河川敷内にある河川砂利を集めて積み上げられたものである．当然といえば当然だが，この流出は2度まであった．その後も増水するつど，補修することがたびたびあった．幾度となく，天の洗礼を受けたのである．工程は延びる，手戻り工事は増える，人頼みしても解決策があるはずはない．現場で起きたことは現場でしか解決できないのである．ゼロからの再出発となった．

このおりに，自らを奮い立たせる言葉に出会った．熊沢蕃山（くまざわばんざん）の有名な歌である．「憂きことのなほこの上に　つもれかし　限りある身の　力ためさん」．最悪の現況に直面し，頭の中が真っ白になり，その無情さ，辛さを一時は持ったが，それにくじけることなく，諦めることなく，これを跳ね返す気力，根気をこの歌は与えてくれた．その努力を続けることで，この難局は乗り越えられるはずである，という励みを教えてくれた．腹を括った．蕃山は，江戸時代の儒学者で「知行合一（ちこうごういつ）」に徹した思想家である．現代においても，もう少し脚光を浴びてもよいのではないかと思える人物である．土木の世界に，その名が登場していないのが寂しいかぎりである．今もこれを座右の銘としている．

もろもろの出来事に遭遇したが，コロマントカット方法にも習熟度が上がり，掘進速度アップのため，支保工の建込みを別編成とするなどの方策により，遅れていた工程を取戻すことができ，約定工期を達成させることができた．

鍋立山トンネル

新潟で3現場目になるのが，鍋立山トンネルである．東頸城郡松代町（(現)十日町市）～大島町（(現)上越市）間の単線鉄道トンネルである．上越線六日町駅と信越線犀潟駅を結んでいる．この地は日本でも屈指の豪雪地帯で冬は雪に閉ざされ，山紫水明で美しいが，そのぶん自然の厳しさを持っている．

大正時代から鉄道建設の陳情がたびたびくり返されて，昭和48(1973)年に着工となった．全長9,117mの長大トンネルである．起点側(六日町)から東工区・中工区・西工区に分割された．松代町に位置する中工区(3,327m)を担当した．

周辺地質は新第三紀鮮新世・中新生の泥岩で構成されている．強大な膨張性地圧が作用し，加えて可燃性ガス(メタン)を含有する地層で工事は難渋した．

昭和57(1982)年国鉄再建法の施行により，中工区の中央部645mの掘削を残して工事は凍結された．

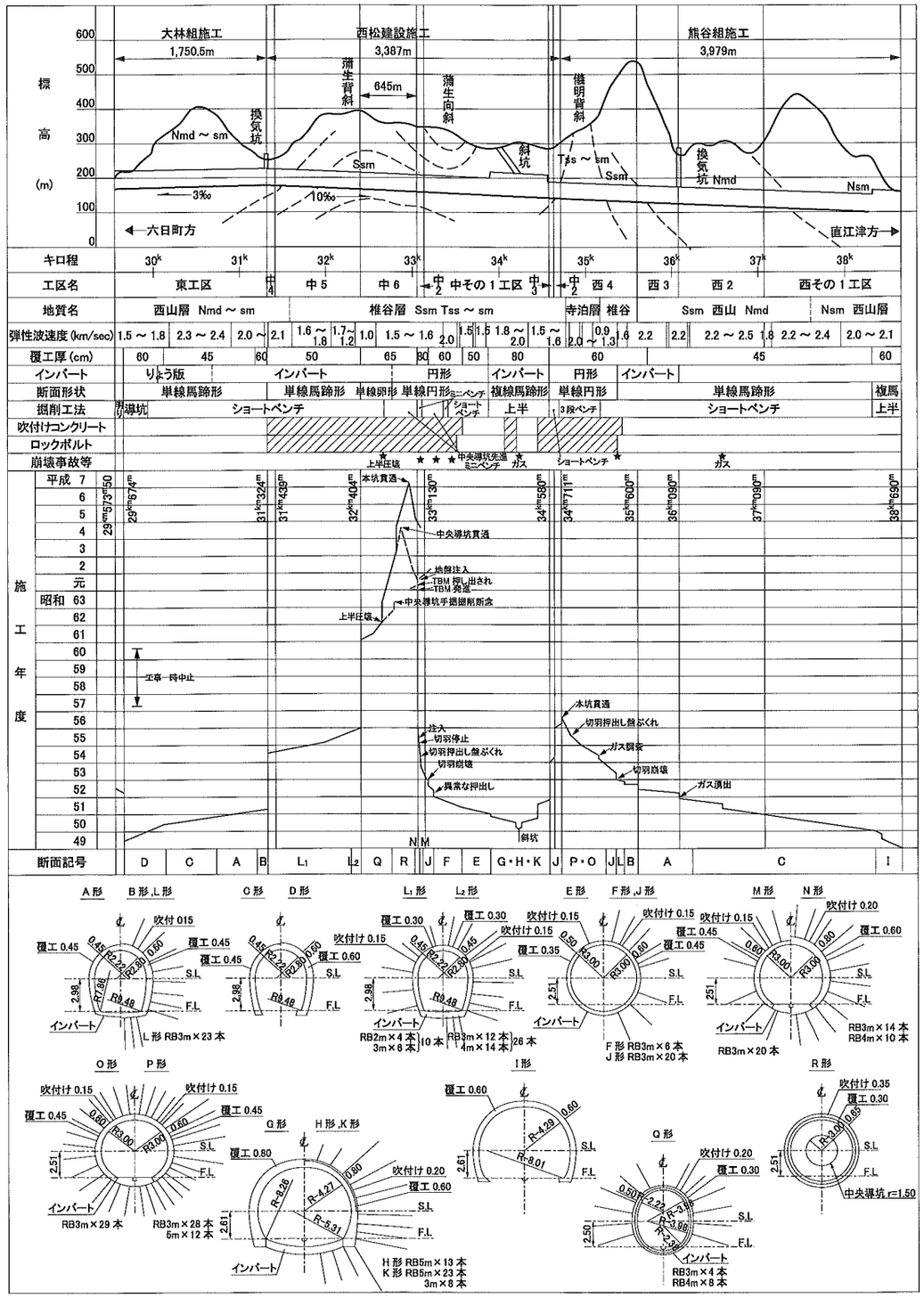
3年間のブランクを経て，昭和60(1985)年8月に北越急行(株)が設立された．これによって，未施工区間の645mが第二期工事として再開された．

さっそく，松代町にあいさつに出向いた．「待っていました」とばかりに，秋山町長さん，区長さんは2人して，「事務所はどこが良いか」「仮設ヤードはどこか」「土捨て場はここにあるぞ」などの話を一気にされるのであった．あいさつに行ったその日のうちにすべてが決まった．雪深いこの土地では，今なお，助け合いの絆が息づいている．地元の期待を「ひしと」感じた．

第一期工事においては，儀明斜坑(295m)を掘進中に可燃性ガスの突出，油の湧出で工事は再三中断した．動力設備などを防爆型に切替えた．本坑切合点より，起点側(六日町)への掘削は奥進するにつれて，土砂崩壊，押出しが激しくなった．断面の形状についても，膨圧の増加にしたがって，その地圧に有利な形状を種々試行した．その支保工についても，H形鋼，鋼管，U形鋼などを使用した．鏡にロックボルト，鋼管を建込んでも，強烈な地圧により切羽が自立することはなかった．断面形状は円形となっていた．

NATMについては，すでに試験施工を実施(昭和51(1976)年8月)して，矢板工法(在来工法)からNATMへの切替えを図っていた．この工法の発祥の地・オーストリアの権威者であるゴルザー教授をして，「なす術を知らぬ」と言わしめた．切羽に生じる現象は，膨張性地山としての一般知識から大きくかけ離れた凄まじいものがあった．

一方，松代口から犀潟側への「迎え掘り」の切羽は，馬蹄形の断面形状で順調に掘進していた．鍋立山の当時の状況については，ちょうどその同時期に前出の上越新幹線浦佐トンネル工事に従事し



鍋立山トンネル施工概要図

ていて，ときどき見学に出掛けていた．「ここの山が一筋縄ではいかない」ことは，はやわかっていた．

第二期工事の施工体制については，第一期工事を経験している職員・協力会社を組入れ，専任のガス検定員を配置した．第二期工事は東工区の松代坑口からである．第一期工事で中断していた「迎え掘り」中の切羽からスタートした．

当初設計は馬蹄形であったが，卵形の形状で着手することになった．これは下半の隅角部を曲線にすることで，土圧に対して有効な断面となっていた．掘削工法はショートベンチ工法である．掘削体勢は３交替とした．しばらくすると徐々に変位が増大してきた．ここで潜在応力を解放すべく，上半盤から導坑を先進させた．導坑先進ショートベンチである．これも長続きすることはなかった．上半盤仮インバートが，全ベンチ長のすべてで一気に圧壊した．想像を絶する自然の力を見せつけられた．補強されていたはずの仮インバートのH形鋼は飴のように曲がり，へし曲げられ，引きちぎられている．いったいどんな力が加われば，このような状況になるのか唖然とさせられた．応力解放が大きくなりすぎ，破壊領域が増大したのかもしれないが，異常な変形速度である．塑性流動的な動きのなかで，変形量をコントロールすることは至難なことである．断面形状も卵形から円形となった．本坑中央部に核となるべき導坑を先進させて，これにより，切羽の押出しを抑制しようということになった．

中央導坑の貫通，これが最大の目標となり，これを目指した．断面を小さくすれば，掘り切れるはずである，との思いがあった．導坑（φ3,100㎜）の掘削は人力である．機械化が進んでいる現在でも，限られた小断面の中で効率よく動ける機械はない．同じ釜の飯を食って，強い連帯感で結ばれている坑夫による人力掘削のほうが効率的である．支保工は溝形鋼（250㎜）をベタ並べにして，内面に吹付けコンクリートを吹付けた．

100mほどは順調に進めたが，徐々に押出しが激化してきた．掘削の最中に地山が押出してくるのである．おそらくは褶曲運動で剪断作用を受けた泥岩が，完全に軟化状態となっているのであろうか．掘っても掘っても，泥岩が押出してくるのである．坑夫はどんな状況にも少しずつ慣れてくるものである．とは言うものの，むくむくと押出す切羽に怯むことなく勇敢に立ち向かい，黙々と掘っている姿には崇高さを感じた．支保工の幅を半分に分断して135㎜に変えてみたが，地山からの押出し速度は人の掘削速度を上回った．つまり，支保工を入れる進行135㎜が掘削できないのである．偏圧はさらに大きくなってきた．円形の保持がままならず，支保工の変形がさらにひどくなり，真円の保持が不能となり，人力での掘削が限界となったため，これを中断した．

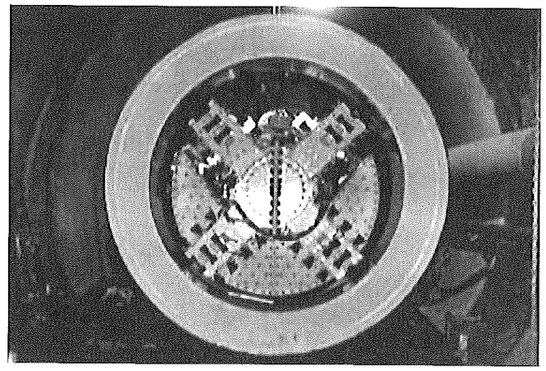
貫通という目標に向かってコールピック（空圧式掘削工具）を握りしめて，先の見えない未知の世界へ，希望をなくすことなく，前へ前へと進む彼らの気迫，忍耐力，そこに努力しているありさまは忘れることができない．

TBM（φ3,100㎜）を検討することになった．人力掘削に勝る掘削能力（30㎜/min）を持つTBMを，終点側の一期工事で中断していた切羽に儀明斜坑口から投入することになった．設計思想としては，崩落防止用のシェル付きTBMである．地山を極力乱さず，押出しには対抗し得る設備（推力3,500t）を有し，切削のほか，後退できる機能を持ちあわせ，人力に優る掘削スピードを持つ機械とした．

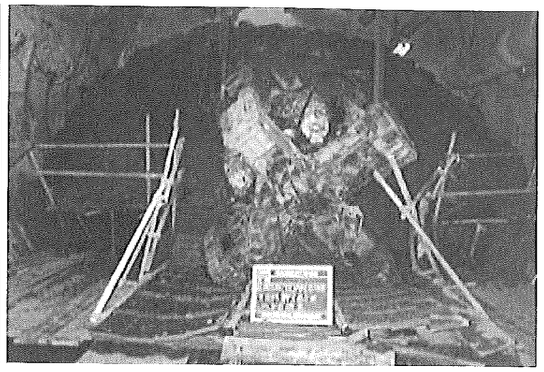
TBMは当初，順調に掘進していた．「これで貫通だ」と一時思った．残り120mを切った．が，60m掘り進んだ辺りから地山の押出しや天端からの崩落があり，取込み量が増大してきた．65.5m地点で事故は突然起きた．予期せぬガスを伴った異常押し出しである．労働基準監督署から，TBM発進基地より先への立入禁止の命令が下った．基地監視のためにテレビカメラを設置し，常時，基地の様子を監視し続けた．画像は地山の動きを鮮明に見せてくれた．泥土は，TBM導坑いっぱいになってもくもくと，また間欠的にガスを噴出させながら……．切羽にあるはずのベルトコンベヤ，TBM本体までも吐き出してきたのである．

またまた，唖然とさせられた．

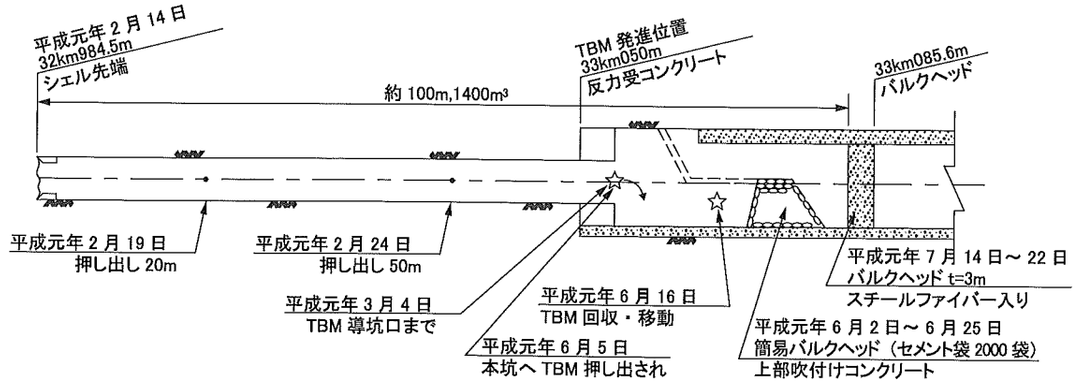
自然の営みの前では，人間の力など惨めなものである．自然は人間の想像をはるかに超える姿を見せた．



TBMカッタ部およびシェル



TBM押出し・泥土流出



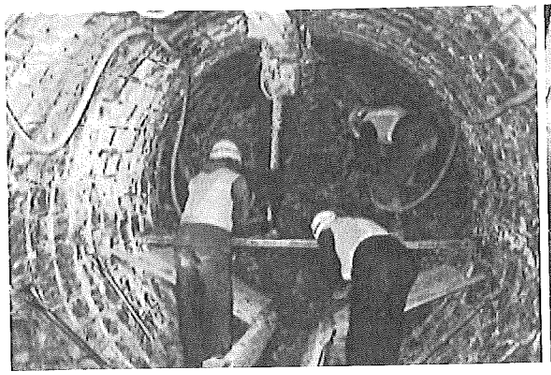
TBM押出され状況図

TBM本体の取出しは，地山が動きを止めている間隙を狙って，ようやくのことで，これが成った．が，泥土は依然として押出しを止めることはなかった．導坑を埋めつくしたうえに，本坑を35mにわたって埋めた．急遽，厚さ３mのバルクヘッドを打設してようやく止めることができた．切羽が100m後退したことになった．この機械を使うことで尊大になっていたわけでもなく，また謙虚さを忘れていた訳でもないのだが……．愕然となった．

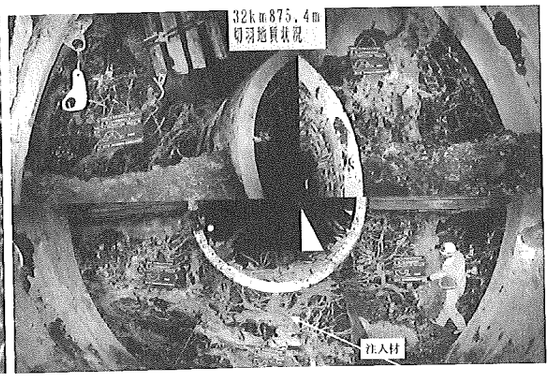
TBMによる中央導坑掘削を断念した．押出し泥土の排除と中央導坑を再掘削するための地山強化対策が必要となった．これに使用すべき機械，注入剤として，試行した結果，ビューラー機がロータリーとパーカッションの併用ができて，強大な地圧に対抗して，二重管の建込みが可能であることがわかった．注入剤としては，セメント系デンカES（土質急硬材）を使用することに決まった．一般の地盤改良とはほど遠い工法である．置換工法とでも言うべきであろうか……．高圧（35～60kgf/cm²）で，所定の場所に膨大な注入剤を置いてくることであった．

TBM先端部の崩落防止用に取付けたシェルは，幸いにも切羽先端部で健在であった．

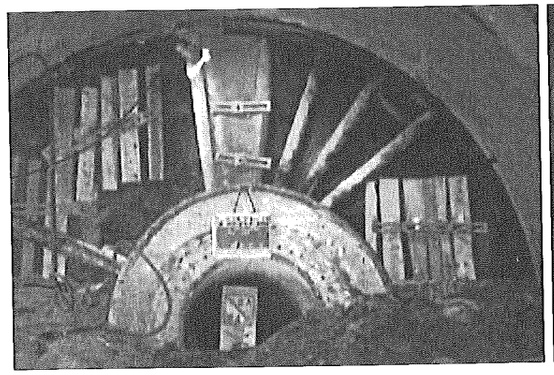
掘削はこのシェルを利用しながら，改良（置換）された地山を手掘りで掘削する「手掘りシールド工法」である．地盤改良も一筋縄ではいかない．注入量の加減についても素早い反応を示す．これが不足気味の場合には，即，「再押出し」が始まるのである．再注入を迫られる．これを数回くり返した．まったく気の抜けない山である．問題は，割裂注入となっているはずであるが，その範囲や固結状態の判定が難しい．未固結部の１か所の存在で，全体の注入効果が薄れて塑性流動を起こすのである．地山押出し速度にブレーキをかける程度の効果しか期待できない．



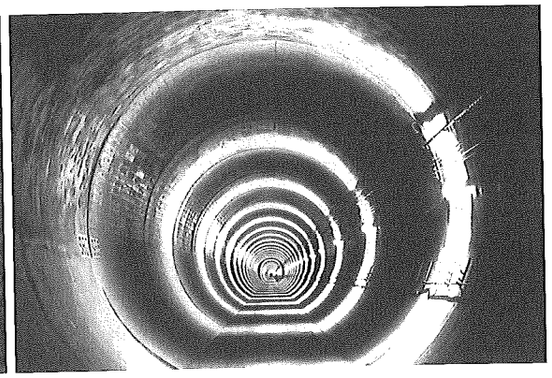
中央導坑押出し土掘削状況



本坑拡幅時切羽地質状況



本坑拡幅時上半縫い下がり状況



単線円形断面覆工完成状況

地山を固結させることはできないのである．トンネル延長の注入範囲の半分をカバーロックとして残して再注入し，強化された地山の動きがおとなしい間合いに素早く掘り進む，という神頼み的な掘削である．これをくり返した．儀明口からこの注入を18回，松代口から５回をくり返すことで，中央導坑での待望の東口との貫通が叶ったのである．

一方，起点側での本坑切拡げは，導坑先進ショートベンチが圧壊したために，断面は円形となった．中央部に導坑を先進させ，これを核として押出し抑止を図る工法である．上半，下半の加背をさらにそれぞれ３分割した小断面部を縫い下がりながら掘り進んだ．この超ミニベンチ工法はバックホウの補助はあるものの，もろもろの条件下では，人力でしか施工できない究極の掘削工法である．切羽の開放時間を少なくすることでその押出しを抑制した．しかし，ここでも問題が生じた．肝心要の中央導坑が，左，右，上向きに動くのである．導坑を補強していたのにもかかわらず，導坑本体が破断して，押出されてきたのには，またまたの驚きである．引張力3,000t強の力である．さらにH形鋼などの補強が必要となった．

また，次の問題が発生した．中央導坑が補強されたことにより，導坑周辺部の押出しがひどくなり，本坑への地盤改良が必要となった．導坑の貫通までに３回を数え，その後も８回を要した．置換総量は48,800m³に達した．

NATMの支保であるシステムボルト（４m）は，地山悪化に伴って，ボルト先端部は緩み域内となり，圧縮力が作用するようになってきた．円形断面となったとき，これを中止した．ただ，鏡面での，崩落防止のためにこれを続行した．

支保工は地山悪化に伴って，徐々に剛性を高めた支保構造となった．最終的には，H-175とH-150の二重支保となり，かつ，ピッチは0.5mまでに縮小された．吹付けコンクリートは，初期強度の発現の早い乾式とした．この吹付けコンクリートなしには，この山を掘ることはできなかった．強力な支保メンバーであった．



戦士の休息・英気を注入（鍋立山トンネル現場宿舎にて若手職員と，筆者右から２人目）

最後になったが，ここの地山特性について，説明を加えておく必要がある．

これらの解明にあたっては，特別小委員会が設立されていた．長岡技術科学大学の池田先生を座長に迎えて，各界の学識経験者で構成されていた．軟弱地質，ガス湧出などで，施工の困難さが想定されていた．地質学，地盤工学，トンネル工学の面から長期間にわたり，貴重なご意見，ご指示を給わった．この場を借りて改めて感謝申し上げたい．

この地の特徴として，過去にきわめて複雑な褶曲作用を受けた地域であることが挙げられた．今も褶曲作用を伴っていて，活褶曲と言われている．土かぶり150mでもっとも苦労した区間の特徴として，①一軸圧縮強度がきわめて低い q_u=5.5kgf/cm²，②地山強度比 $q_u/(\gamma H)$=0.18，③掘削部周辺に容易に塑性域が生じること，④泥土中の高圧間隙ガスにより急激な剪断破壊および体積変化特性が通常の場合と著しく異なることが判明した．

押出しのメカニズムでは以上のことが要因となる．別の言い方をすると，次のようにも言える．

地圧300tf/m²が静水圧的に作用していて，さらに可燃性ガス（メタン）が潜在している．構成する微細な土粒子に，このガスが吸着し，地山は透気係数が小さく，吸着ガスは抜けにくい状態となっている（遊離ガスであれば，ガス抜きが可能である）．トンネル掘削前は，360度逃げ場のない地中にガスを伴って押し込められている．互いに押し合いへし合い，圧縮された状態で安定している．が，トンネル掘削により，地山全体に大きな空間ができたことで，力のバランスを失い，トンネルを押しつぶすように変形するのである．前面を押さえる手立てがないので，泥土は，あたかも水あめや練り歯磨き状となり，塑性流動的に押出してくるのである．

委員会の先生方のほかにも，おおぜいの方々が現場見学にお見えになられた．このなかで，毎年のようにお見えになっておられたのが，地山強度比の提唱者である岐阜大学の仲野先生であった．学生たちを引き連れて，坑内から３kgもあろうかというブロック状の泥岩をていねいにラップに包んで，試料解析のために持ち帰っておられた．坑内で仰られた「この山は不思議な山ですね……」の言葉を思い返している．

昨今のトンネル掘削は機械化が進み，高速施工の時代となってきている．坑夫の作業も一変してきた．

しかし，悪条件下の当地においては，これらはことごとく跳ね返された．最後に，これを成し遂げてくれたのはコールピックを抱き，人にしかできない究極の作業に挑戦し続けた「人の力」であった．

おわりに

われわれは昔より，山（ヤマ）があれば，そこにトンネルを掘る夢があり，未来の世界を切り開いてきた．いかに膨大な労力が伴おうとも，かぎりない忍耐と努力でその願いを果たしてきた．

われわれは自然の持つエネルギーを制御したり，征服したりすることはとてもできることではないが，この巨大な自然の力に対して，われわれが全く無知で無力でいることは許されない．われわれは，何が何でも掘り抜くことを宿命づけ

られているのである．自然が持ち続けている力は認めつつも，その怒りや恐れに対しては，事前に，それに対して謙虚さを持って用意をしておくことはできるのである．各種各様のおびただしい数のトンネル施工の実績があり，全国各地の地質の基礎となる資料を豊富に持っている．なお，日本の地質環境は地域性があり，不均質であり，さらに精度を高めていく努力を続けていく必要は当然ある．これらのものを駆使することで，不可抗力の領域を狭め，絞りこんでいくことは可能なのである．

最後に，山を愛し，敬い，恐れる心を持ち続けつつ，トンネルへの好奇心，探究心を抱き，新たな技術開発に，希望と夢を追って取組まんとする方々が，ますます増えていくことを望んで止まない．

計　画

ホーム拡幅のためシールドトンネルを解体し箱型トンネル化を計画

—東京メトロ東西線　木場駅—

東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部設計課課長補佐　福　田　隆　二
東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第三工事事務所統括改良建設係　山　中　耕太郎

1　はじめに

東京メトロでは9路線179駅195.1kmの総延長を有した鉄道路線を営業している．このうち東西線は中野駅から西船橋駅に至る全長30.8kmの路線であり，都心を横断して千葉県と東京西部を東西に結び，千葉方は東葉高速鉄道線・JR総武線と，東京西部方はJR中央線と相互直通運転を実施している(図-1)．

東西線は昭和39(1964)年に高田馬場から九段下間が開業し，段階的に開業を重ね，昭和44(1969)年に中野から西船橋間の全線が開業した．

東西線は東京メトロ9路線のうち，もっとも輸送人員が多い路線であり，その輸送人員(中野から西船橋間)は，開業当初(昭和45(1970)年度)，1日あたり55.9万人であったが，高度経済成長に伴う沿線の開発が急速に進み，平成23(2011)年度の輸送人員は1日あたり130.2万人にも上る．そのため，東西線ではラッシュ時の列車内の高い混雑率や，ホームの混雑に伴い乗降に時間を要していることなどによる列車の慢性的な遅延が課題となっている．今後も東西線は利用者が多い状況が続く見込みであり，これらの課題への抜本的な対策が必要である．

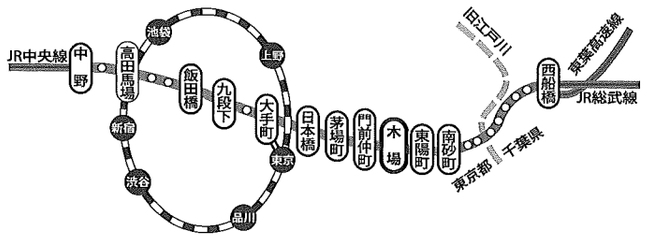


図-1　東西線概要図

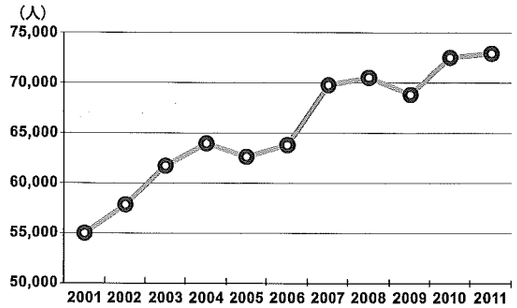


図-2　木場駅乗降人員の推移

これまで東西線の列車遅延，ホームの混雑などの対策として東陽町駅，門前仲町駅などにおいてホーム拡幅などの改良工事を実施してきたほか，車両のワイドドア導入やダイヤ改正，ホーム整理員を増員するなどの対策を実施してきた．さらに，茅場町駅ではホーム延伸や昇降施設移設，南砂町駅ではホームの2面3線化や昇降施設の再配置な

どの改良工事を実施している．

木場駅においては，駅周辺の商業施設などの開発によって利用者が増加し，平成23(2011)年度の1日あたり乗降人員は約7.3万人と，10年間で乗降人員が1.3倍に増加している(**図-2**)．しかし，ホームを含めたホーム階から改札階の滞留空間が狭隘なため，ラッシュ時のホームの混雑による利用者の安全性，ホーム階から改札階の混雑による利便性の低下が課題となっている．

本稿は，木場駅における混雑緩和を目的とした改良計画について記述する．

2 木場駅の背景および特徴

木場駅は東西線のシールド工事区間である門前仲町駅終端から東陽町駅始端までの延長約1.8kmの中間に設けられたシールド駅である．建設当時の木場駅周辺では，地名の由来のとおり，木材運搬のために運河を使用していた．シールドは運河下を3か所横断しなければならず，運河に架かる橋台の基礎杭を避けるためシールドの土かぶりは16.5mと深くなっている(**図-3**)．

駅両端の立坑は，深さ30m程度の厚い軟弱な沖積粘性土層に沈設した潜函となっており，地下1階がおもに出入口へのアプローチ，地下2階が改札や駅諸室，地下3階が駅諸室および電気諸室，地下4階がホーム階，ホーム相互の連絡は立坑部のみで可能である(**図-4～6**)．バリアフリー動線は，中野方のホーム端部に設置されたホーム階から

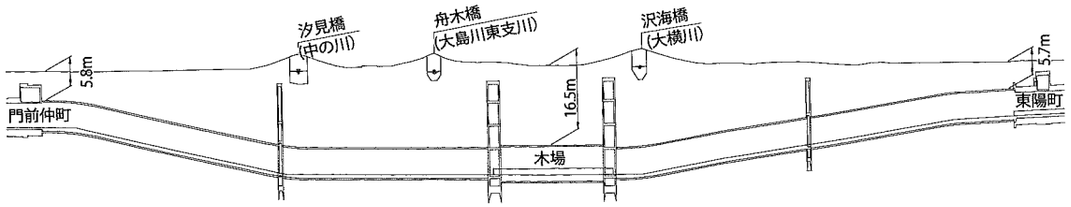


図-3　門前仲町・東陽町間縦断面図



図-4　地上および地下1階平面図(現況)

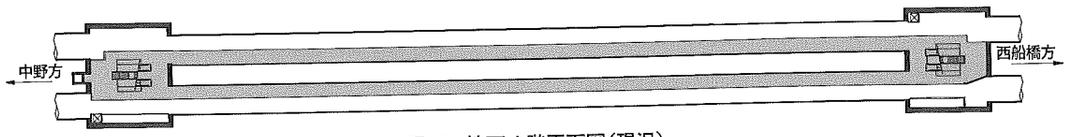


図-5　地下4階平面図(現況)

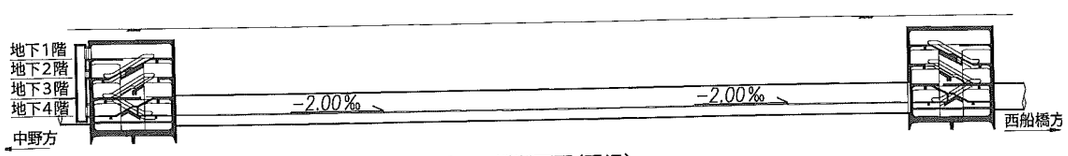


図-6　縦断面図(現況)

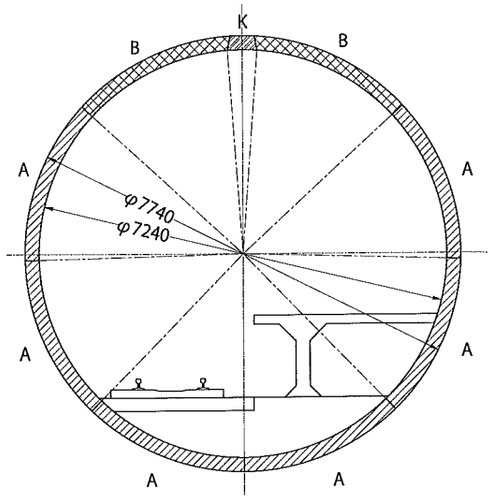


図-7　シールド断面図

から地下1階のエレベーターおよび出入口4に設置された地下1階から地上までのエレベーターにより確保されている．

立坑間は地下4階のホーム階に位置した単線並列シールド(セグメント幅800㎜，ダクタイルセグメント)となっている(**図-7**)．

地上は路面交通量が非常に多い，永代通りと三ツ目通りの交差点付近に位置している．

3 木場駅の課題

昭和42(1967)年の供用開始から駅周辺の開発が進み，とくに近年，駅南西部に大規模商業施設が開業したこともあり，朝ラッシュ時の中野方の乗降人員は西船橋方の約2倍となっている．

これまでの混雑緩和対策として，出入口増設，改札増設，時差通勤などを行ってきたが，駅の混雑が解消されず，「安全性」「利便性」について課題が残されている．

3-1　安全性の課題

木場駅ホームの220mのうち，約8割がホーム幅員片側3mの単線シールドであることから，利用者の滞留空間が非常に狭くなっている．

朝ラッシュ時では次発列車発着時においても待機列が解消されず，乗降する利用者が錯綜し触車や転落などが懸念される(**写真-1**)．

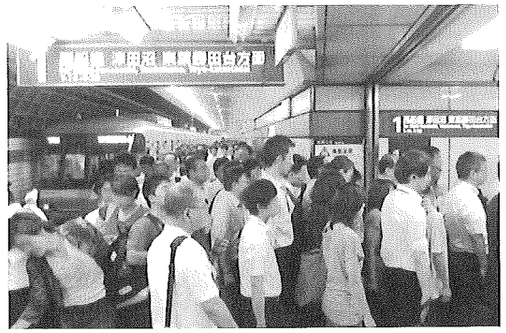


写真-1　ホームの混雑状況



写真-2　ホームの待機列

3-2　利便性の課題

昇降施設が駅両端のみであることから，降車した利用者はホーム端部からの長い待機列に並ばなければならない(**写真-2**)．

ホーム階から改札階の各フロアが狭く，ホームと同様に混雑し，かつ幾度も乗継ぎが必要なためホームから地上までの移動に時間を要し，利用者に不便を強いている．また，エレベーターは地下4階と地下1階間の連絡のみであり，エレベーターを使用しての地下2階の多機能トイレおよび駅務室への動線が確保されていない．

4 改良計画の検討

改良計画の検討にあたっては，営業線の安全・安定運行を確保することを原則とし，ホーム拡幅による利用者の安全性向上，昇降施設の増設による利便性向上に重点を置いた．

4-1　ホームの拡幅

木場駅はホーム外側に軌道が位置している2面2線である．シールドは化粧・ホーム・建築限界・

建築限界外余裕を考慮して築造されており，ホームを拡幅する内空幅は確保されていない．ホーム拡幅のために軌道を外側に振ると工事範囲が大規模となってしまうため，シールド間にホームを築造するよう計画した．

シールド間にホームを築造するためには既設シールドセグメントを取外し，シールド間に躯体を築造しなければならないが，既設シールドはセグメント取外しを考慮した構造になっておらず，ダクタイルセグメントであることから補強が困難であり，営業線を運行しながらの施工となるため大掛かりな支保工の設置が不可能である．

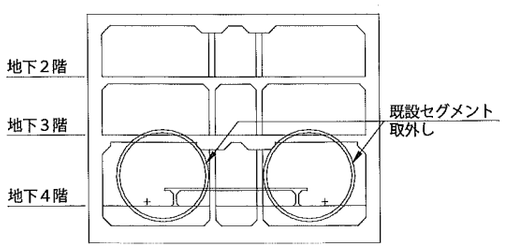


図-8　計画横断面図

よって，既設シールド周囲にボックスカルバートを築造後，既設セグメントを取外し，ホームを拡幅することとした．このことにより構造安全性が確保でき，補強および構内に大掛かりな支保工が不要となる(図-8)．

4-2　昇降施設の増設

ホームを拡幅したのみではホーム上の待機列が解消されず抜本的対策とはならないため，ホーム階から改札階への昇降施設を増設する必要がある．

4-2-1　エスカレーター増設

ホームから地上までの移動時間を短縮するため，地下4階から地下2階へ移動できるエスカレーターを増設することとし，増設数については朝ラッシュ時の流動シミュレーションにより決定した．

表-1　サービス水準

凡　例	水準	密度(人/m²)	状　態
	A	0.00～0.12	自由歩行
	B	0.12～0.86	やや制約
	C	0.86～1.48	やや困難
	D	1.48～1.98	困難
	E	1.98～2.38	ほとんど不可能

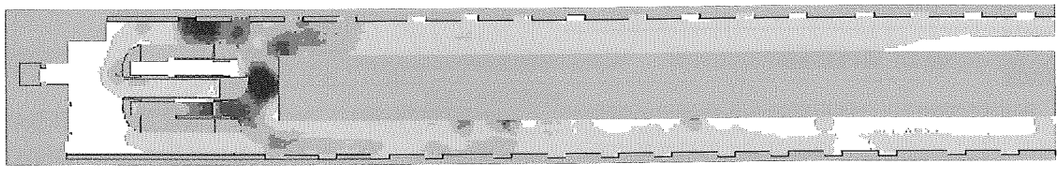


図-9　現況流動シミュレーション

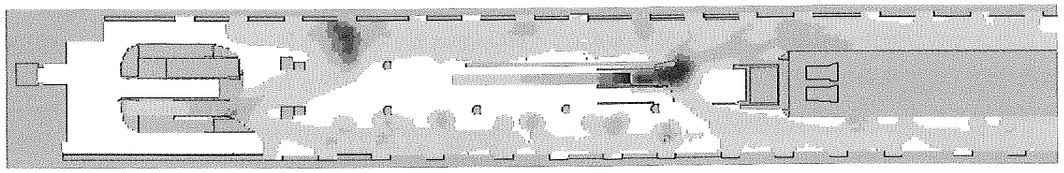


図-10　エスカレーター1基増設時流動シミュレーション

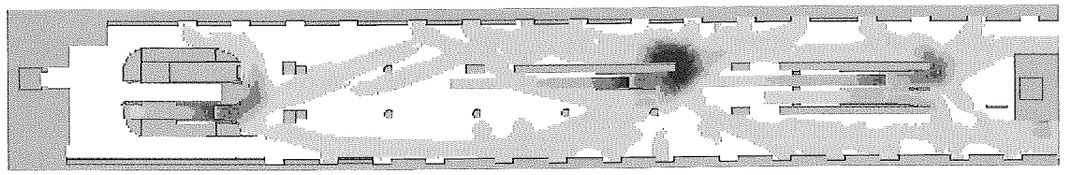


図-11　エスカレーター2基増設時流動シミュレーション

表-1にサービス水準[1]を密度に換算した値を示す．

(1)　現　況

現況では立坑部に1.48人/m²以上の範囲が広く分布し，昇降施設付近での歩行困難な状況が再現できている．

また，シールド部においても0.86人/m²の範囲が分布し，ホーム上の待機列が再現されている(図-9)．

(2)　1基増設した場合

エスカレーターを1基増設した場合，拡幅部のホーム軌道側に1.48人/m²以上の範囲が残されており，混雑が解消されていない．

また，シールド部においても0.86人/m²以上の範囲が残されており，待機列が解消されていない(図-10)．

(3)　2基増設した場合

エスカレーターを2基増設した場合，シールド部では0.86人/m²以下となり待機列が解消されている．また，拡幅部のホーム軌道側においても0.86人/m²以下となり，混雑が解消されている．

エスカレーター周囲に1.48人/m²以上の範囲があるが，拡幅されたホーム上のため利用者の乗降に支障はないと考える(図-11)．

以上のことから，ホーム階から改札階への上りエスカレーターを2基増設することとした．

4-2-2　エレベーター増設

地下4階から地下2階，地下2階から地下1階へのエレベーターを増設し，地下2階の多機能トイレおよび駅務室への動線を確保することにより，エレベーター利用者の利便性向上を図っている．改良後の計画図を図-12, 13に示す．地下2階が駅諸室，地下3階が電気諸室，地下4階がホーム階となっている．

4-3　改良範囲の設定

4-3-1　改良幅

掘削・既設セグメント取外しなどの施工空間をなるべく広く確保することが望ましいが，地上は建物が連立し，路下ではライフラインが輻輳している．そのため改良幅を最小限としなければならず，既設シールド側部両側の施工空間を約1 m確保することとし，改良幅を24.6mとした．

4-3-2　改良延長

中野方エスカレーター上部の滞留空間を中柱間

表-2　停車場部中柱間隔標準寸法

路　線	中柱間隔	路線	中柱間隔
銀座線	4.0m	有楽町線	5.0m
丸ノ内線	4.0m	半蔵門線	5.0m
日比谷線	5.0m	南北線	5.0m
東西線	5.0m	副都心線	7.5m
千代田線	5.0m	木場駅	8.0m

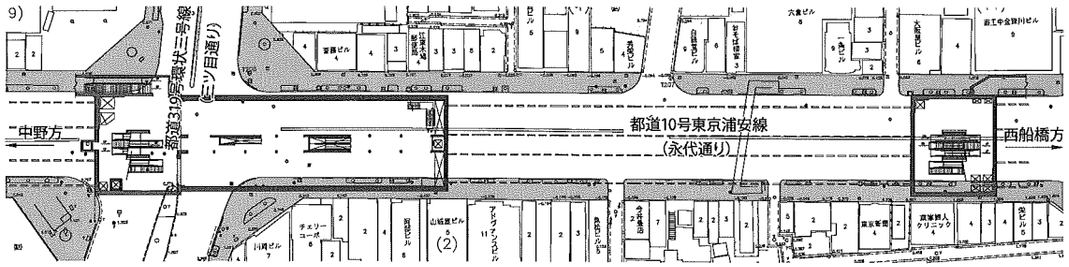


図-12　地上および地下1階平面図(計画)

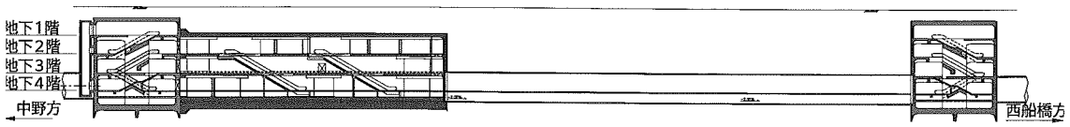


図-13　縦断面図(計画)

隔1スパン，西船橋方エスカレーターの上部および下部の滞留空間を中柱間隔1スパン確保し，改良延長を68.5mとした．中柱は重要構造物であるが，ホームにおいては利用者の流動を阻害するものになる．地下鉄特有の閉塞感を少しでも和らげ，利用者の移動に少しでも快適感を持っていただくため，近年の駅大規模改良では柱間隔をできるだけ広く確保している．木場駅については中柱間隔を8.0mとして計画した(表-2)．

5 施工計画の概要

駅の改良工事は営業線を通常運行させながら施工することを原則とし，木場駅周辺の軟弱な地盤，掘削に伴う周囲の建物への影響を鑑み，本体利用の地下連続壁を基本とした逆巻き工法により計画した．

5-1 営業線防護

本計画では先行して構内防護工を設置する計画としている．構内防護工はシールド内側に形鋼を曲線加工した枠組みを800㎜ピッチに配置し，枠組み間に鋼板を設置する．この防護工は，営業線エリアと施工エリアを分けるほか，ダクタイルセグメント撤去時の営業線エリアの防護，漏水の侵入防止，剛体架線盛替えの支持枠，照明・ケーブルなどの支持枠の機能を持たせている(図-14)．

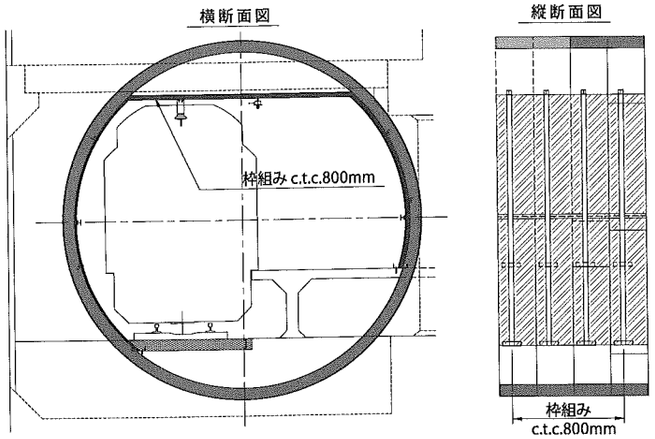


図-14　構内防護標準図

5-2 先行地中梁

掘削に伴う変位をなるべく抑えるため，地下連続壁逆巻き工法として計画しているが，さらなる変位抑制のため，逆巻き上床版下，逆巻き中床版下，下床版下に地盤改良による先行地中梁を設け

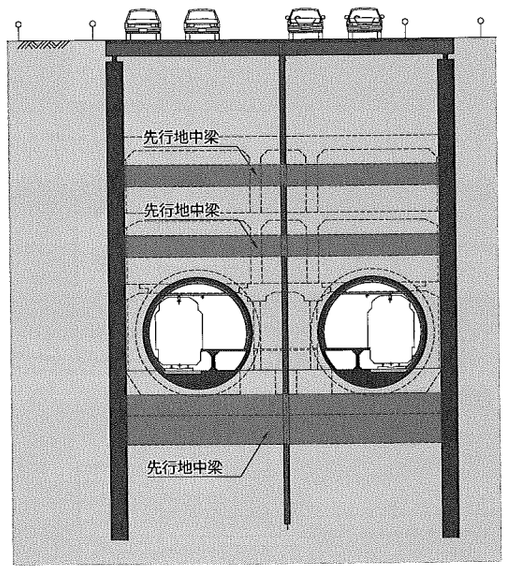


図-15　仮設横断面図(先行地中梁)

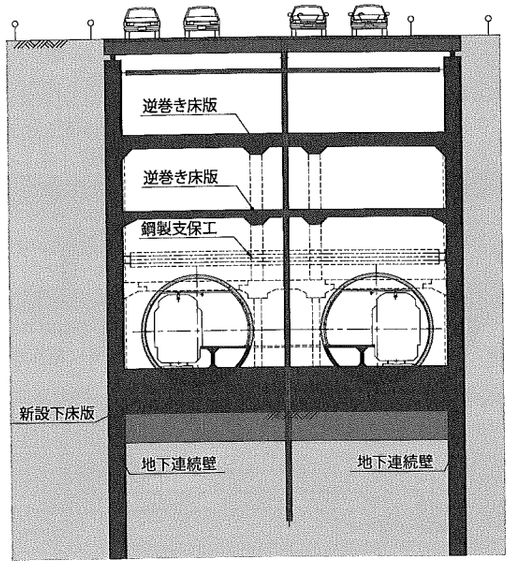


図-16　仮設横断面図(鋼製地下連続壁)

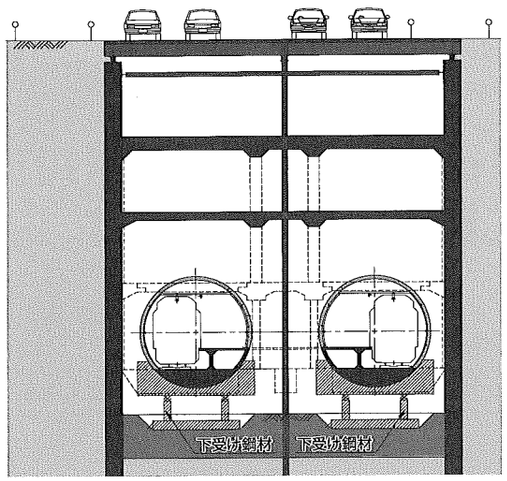


図-17　鋼材によるシールド下受け

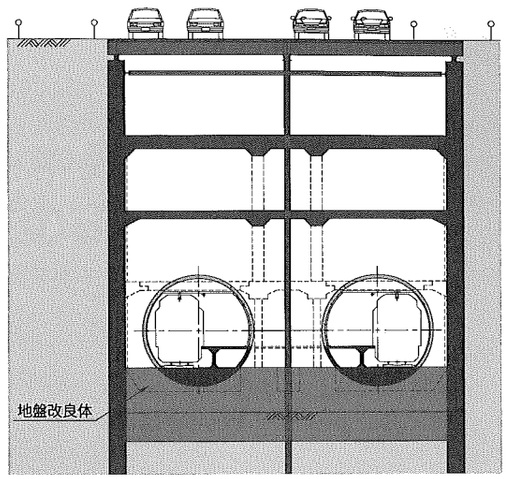


図-18　地盤改良によるシールド下受け

る．非常に軟弱な地盤のため，逆巻き床版施工時の施工基面を確保する機能も持たせている(図-15)．

5-3 鋼製地下連続壁

RC地下連続壁の場合，既設シールドに近接した位置に支保工が必要になる．

しかし，営業線の安全性を考慮し，既設シールドに近接した作業を最小限とすること，既設セグメント撤去時の施工空間を広く確保することを目的として，鋼製地下連続壁を採用し，支保工を不要とする計画とした(図-16)．

5-4 既設セグメント下掘削

新設下床版築造に伴う既設セグメント下掘削について，営業線を通常運行しながらセグメントを取外す計画としていることから，下床版築造に伴う既設セグメント下作業および既設シールドが不安定となる期間を極力短くするよう検討を行った．

5-4-1 下受け工法の検討

(1) 鋼材による下受け

先行してトレンチ掘削を行い，その後鋼材により既設シールドを下受けする．

施工空間が狭隘なため，掘削・下受け材設置に要する工期が長期化するほか，配筋も煩雑となる(図-17)．

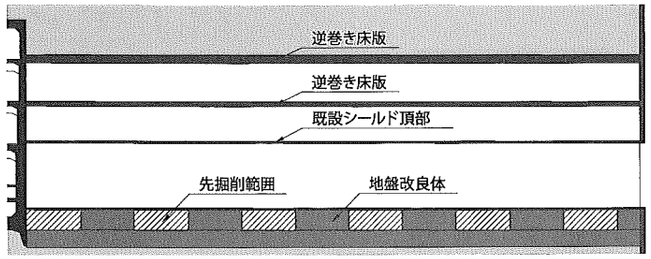


図-19　シールド下掘削方法

(2) 地盤改良体による下受け

既設シールド下の地盤改良は構内作業となるが，削孔は先行地中梁としての地盤改良と兼用でき，掘削開始前に既設シールドを受けることができるため，早期にシールドを安定させることができる．また，既設シールド下の作業を削減できるため既設セグメント下作業期間を少なくすることができる(図-18)．

5-4-2 施工方法

既設シールド下を全面的に改良することが望ましいが，掘削に時間を要してしまうため6.0m間隔の櫛状に配置する計画とした(図-19)．

先掘削は地盤改良を行っていない範囲をトレンチ掘削し，配力筋の継手を考慮して5.5mの下床版を築造する．

後掘削は6.0mの地盤改良体をトレンチ掘削し，7.0mの下床版を築造する．

6 おわりに

本計画では近年の需要増加に対応した狭隘な既設駅において，ホーム拡幅，昇降施設を増設することにより安全性・利便性が向上し，混雑緩和対策の抜本的な計画を策定することができた．今後，輸送の安全・安定性の向上や利用者へのサービスの向上を図るにあたり，大規模な改良工事が必要とされる際には，今回の経験やこれまでの新線建設，既設駅改良工事で培った技術を活かし，営業線の安全・安定運行を確保しつつ，迅速かつ品質の高い改良計画を深度化していきたい．

参考文献

1) 国土交通省都市・地域整備局：大規模開発地区関連交通計画マニュアル，pp.41–42，2007.

シールドトンネルの新技術



シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B5判 285頁　本体価格4,660円　〒350円

ールドトンネルの新技術を実務経験者を中心にまとめたものである．本書の特色は，[illegible]の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで，新技術について調査・計画編，設計・施工編とに分けて，その理論と実際についてソフト，ハードにわたり記載している．また，これらのことを実務にすぐさま活用できるように，付録としてセグメントの設計，地盤変位予測解析，施工計画についての計画・設計例も紹介し，実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている．

〔目　次〕 **第一章　概説**　1．シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性〇シールド工法の歴史〇シールド工法誕生以前のトンネル工法〇シールド工法の登場　2．わが国におけるシールド工法の歴史〇シールド工法の導入と発展の経緯〇シールド工法の現況　3．今後の技術開発の方向性　**第二章　調査・計画編**　1．シールド工法の調査技術　2．断面および線形計画　3．シールド機種の種類と選定　4．新しいシールド工法　**第三章　設計・施工編**　1．覆工〇一次覆工の設計〇二次覆工の設計と施工〇シールドトンネルの防水技術　2．立坑の設計と施工設備〇立坑の設計と施工〇シールド機の構造と装備〇仮設備の計画〇シールド工事による自動化　3．掘進と施工管理〇シールド掘進と施工管理〇シールド発進と到達〇裏込め注入工法と注入効果〇曲線施工と地中接合〇補助工法の種類と選定　4．近接施工と環境対策〇近接施工と対策〇アンダーピニングおよび支障物対策〇シールド工事と環境対策〇新工法の現状と将来展望〇ECL工法　5．切羽の安定と地盤変状防止〇切羽安定の理論と実際〇泥水式シールド工法の切羽安定〇土圧シールド工法の切羽安定　6．地盤変位の理論と実際　**付録**　1．セグメントの設計例　2．地盤変位予測解析手法の例　3．シールド工事の施工計画

株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂　電話 (03) 3267-2888（代）　振替 00110-8-190072

研　究

供用中トンネルにおける中央部を鋼管構造としたインバート設置工法の研究

(株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室室長　岩尾哲也
(株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室主任研究員　北村　元
首都大学東京都市環境科学研究科教授　西村和夫
(一社)日本建設機械施工協会施工技術総合研究所研究第一部部長　安井成豊

1 はじめに

NEXCO 3社が管理する高速道路トンネルは約1,600kmに達するが，トンネル底盤部が隆起し，路面が隆起する盤ぶくれ現象(以下「盤ぶくれ」という)が各所で報告されている．

盤ぶくれはお客様の安全快適な走行を阻害するだけでなく，放置することでトンネル自体の健全性をおびやかすおそれがあるため，速やかに対策を施すことが必要である．このことは，NEXCO 3社が検討した「高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会」においても言及されている．

盤ぶくれ対策工はインバート設置による断面閉合がもっとも効果的と考えられるが，高速道路の通常の2車線断面において対策工を実施するためには，一定期間の通行止めが必要となる．高速道路は物流や防災という観点で重要な役割を果たしており，連続期間の通行止めはできるかぎり避けることが望ましい．また，対策工は汎用機械や汎用材料で施工することが，経済的な面からは優位であると考えられる．

以上のような背景から，連続的な通行止めを行うことなく汎用機械での施工が可能な新たなインバートの設置工法(以下「新工法」という)の研究開発を行ってきた．

本稿は，この新工法の構造および施工に関する検討の概要を報告するものである．

2 新工法の概要

2-1 新工法の概要

供用中の一般的な高速道路の2車線トンネルにおけるコンクリートによるインバートの設置は，2車線の中央部の開削がネックとなり通行止めを要することになる．このため，1車線規制を前提として，掘削が可能な範囲はコンクリートインバートを設置し，問題となる2車線の中央付近は掘削を行わずに側方から鋼管を打設する，「鋼管とコンクリートの複合構造によるインバート設置工法」を新工法として考案した(図-1)．

2-2 施工条件の整理

高速道路のトンネルの幅員は，道路等級1種3級の場合おおむね8.5mである．通常のインバート構築を1車線規制の半割施工で行うことを考えた場合，車線幅3.5mと両側路肩0.5mおよび0.75m

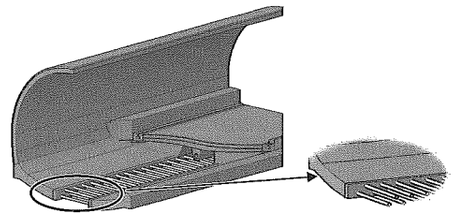


図-1　新工法イメージ

の計4.75m程度の通行帯が通行車両の安全性確保に必要となる．しかし，全幅8.5mの場合には，2車線の中央付近の掘削ができずインバートの構築は困難となる．よって新工法は，全幅8.5mのトンネルに対して4.75mの通行帯を確保することを前提とし，作業エリアは3.0mとして各種検討を行った(図-2)．

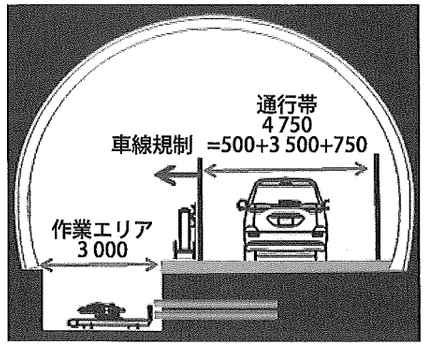


図-2　検討条件

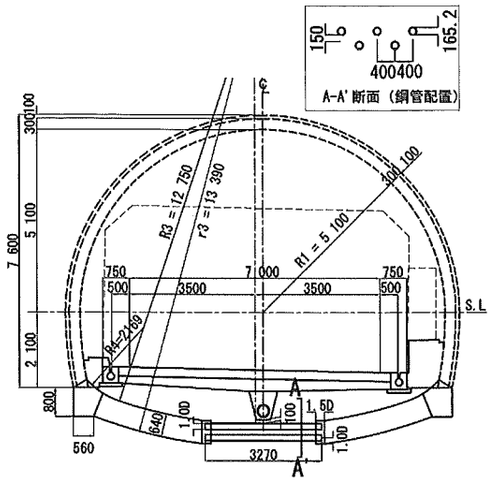


図-3　断面形状

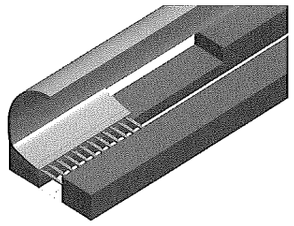


図-4　覆工足元の掘削のイメージ

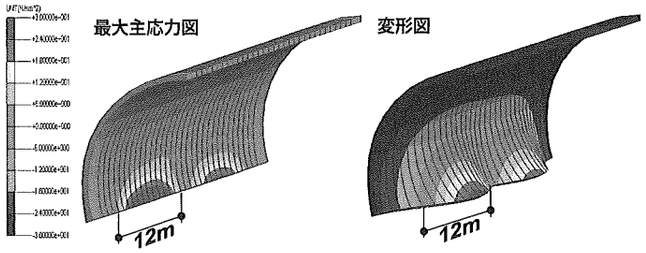


図-5　覆工足元の掘削による覆工への影響

3 構　造　検　討

3-1　二次元解析による構造検討

供用後に盤ぶくれが発生したトンネルの膨張圧を文献にて調査したところ，0.1MPaを下回る場合がほとんどであった．この結果をうけて，新工法で対応する盤ぶくれ膨張圧は0.1MPaに設定し，これに対する断面および部材の検討を，おもに二次元FEM解析にて行い，図-3の断面形状および表-1に示す構造諸元などを定め，以後の各種検討を進めた．

4 掘削の影響検討

インバートを構築するための，掘削による覆工コンクリートへの影響検討については，三次元FEM解析にて行った．

4-1　覆工足元の掘削による影響

インバートを構築するために，覆工足元を掘削することによる(図-4)，既設覆工への影響を解析

表-1　構造諸元

部　材	項　目	諸　元	概　要
コンクリート部分	曲線半径	2.5×R_1	CII-b-i の形状
	強　度	30N/mm²以上	早強材
鋼管部分	鋼管径	ϕ165.2	通常機械で施工可能
	鋼管形状	直線鋼管	曲線鋼管に比べて施工性がよい
	肉　厚	11mm	鋼管径に対する標準最大厚さ
	材　質	STK400	一般的な鋼管の材質
	内　部	中詰めコンクリート	20N/mm²程度
	配　置	上下千鳥@350～400	図-1，3のとおり

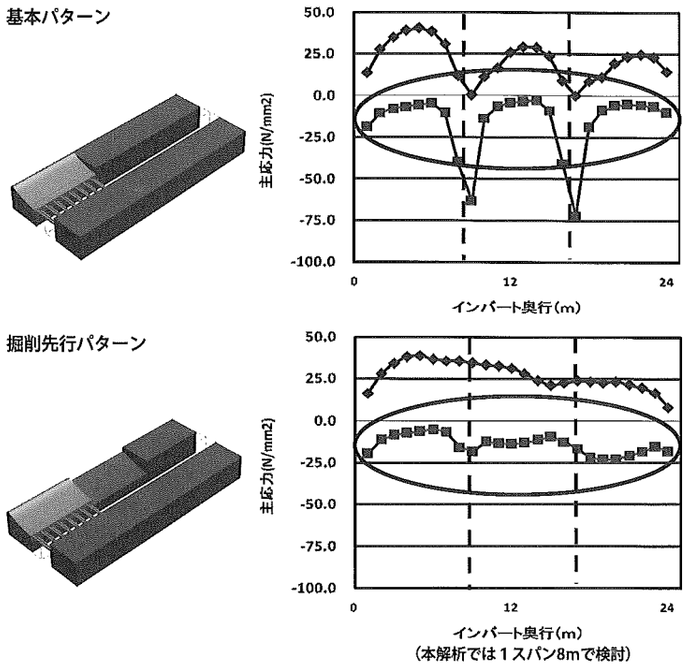


図-6　インバート掘削による覆工への影響

した．図-5に示すように，直下の掘削で覆工脚部に応力が集中し，覆工が内空方向に変形する結果となった．

4-2　掘削パターンの違いによる影響

1掘削区間ごとにインバートを構築する「基本パターン」と，インバートを構築する隣接区間を先行して掘削する「掘削先行パターン」について，それぞれの掘削パターンにおける既設覆工脚部への影響解析を行った．基本パターンのときは掘削区間の境界に卓越した圧縮応力が発生するのに対し，掘削先行パターンとした場合はそれが解消される結果となった(図-6)．

5 鋼管とインバートコンクリート接続部の細部構造の検討

接続部の構造は，橋梁下部工の鋼管杭の考え方(道路橋示方書)に準じて，定着長を1.0D(Dは鋼管径)，かぶりを0.5Dとすることを基本とした．しかしこの構造が，想定する膨張圧に対する耐力を有するかが不明であることから，定着長やかぶりを変化させた実物供試体を作成し，耐力試験により最適な接続部の構造の検討を行うこととした．

5-1　試験概要

5-1-1　試験方法の検討

本工法は地山の膨張圧(0.1MPaに設定)に伴う盤ぶくれに対する補強工である．本工法におけるインバートの厚さは，通常のインバートよりも厚く，最大645㎜の設計であり，より高い剛性がある．このため，鋼管とコンクリートの接合部に着目した試験を行うこととした．

数値解析によって得られる接合部に作用する力を再現させるとともに，周辺拘束を考慮せず単純化して，コンクリート部を固定条件とし，鋼管部のみに膨張圧が作用する試験とした(図-7)．

5-1-2　試験体の検討

実現象は，鋼管長L=2,940㎜に対して等分布の膨張圧が作用することが想定されるが，今回の試験は，試験の単純化のために，集中荷重による試験とした．また，試験ヤードなどの制約から実物サイズの試験体による試験を行うことが困難であっ

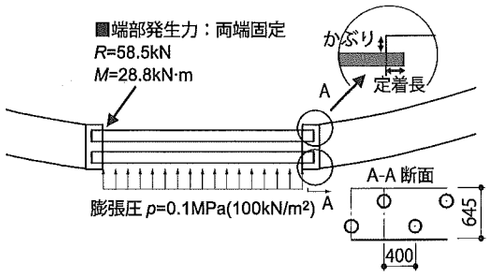


図-7　試験における着目点

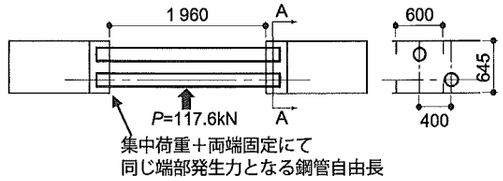


図-8　試験体モデル

たため，実物サイズの場合に鋼管とコンクリートの接合部に発生するせん断力(R=58.8kN)と曲げモーメント(M=28.8kN·m)に着目し，この値が今回の試験体における接合部に作用するように集中荷重やスパン長を調整した試験体とした(**図-8**)．

なお，今回の試験体における，等分布の膨張圧0.1MPaに相当する集中荷重は「117.6kN」であり，以後に示す試験結果を評価する際の基本となる設計荷重とした．

5-2　試験条件の設定

定着長1.0D，かぶり0.5Dの接合部仕様を基本とし，定着長とかぶりを変化させた接合部仕様や定着部に補強鉄筋を配置した接合部仕様など4ケースの試験条件を設定し(**表-2**)，挙動変化を確認した．

試験は，各試験条件に対して上段鋼管と下段鋼管を別々に再現した試験体とし，各条件(Case 1～4)の上段・下段鋼管に対して各2体，合計16体の試験を実施した．また，補強鉄筋は**写真-1**のような半円フックの形状とした．

表-2　試験条件一覧

条件/項目	条件1 (Case 1)	条件2 (Case 2)	条件3 (Case 3)	条件4 (Case 4)
定着長	1.0D	2.0D	1.0D	1.0D
かぶり	0.5D	0.5D	0.5D	1.0D
補強	なし	なし	あり	なし

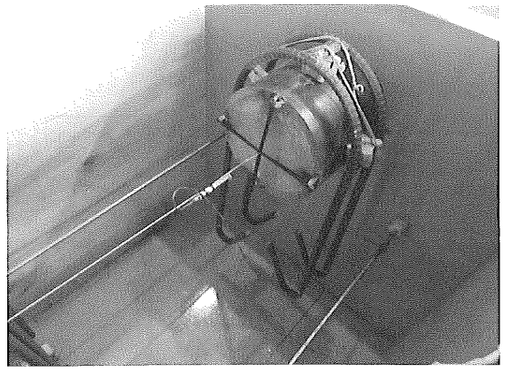


写真-1　補強鉄筋の設置状況

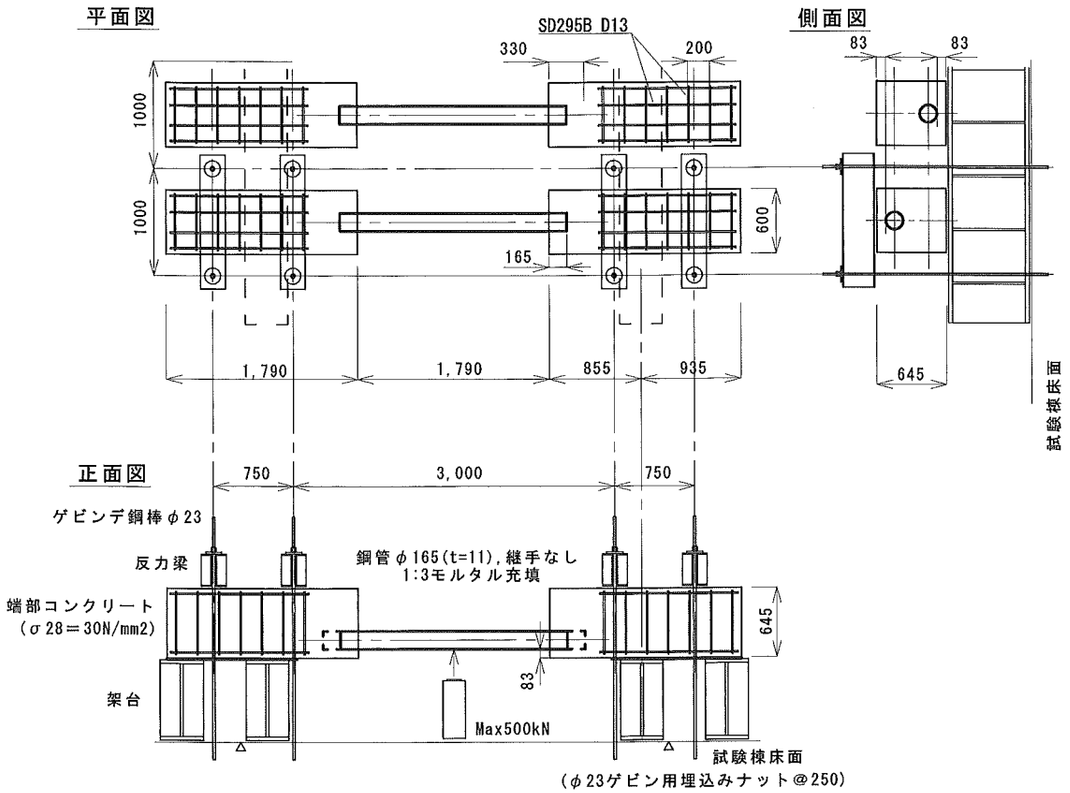


図-9　試験体の概要図

5-3　試験体概要

試験体の概要図を**図-9**に，正面写真を**写真-2**に示す．試験に用いた材料の諸元を**表-3**に示す．

なお試験時は，鋼管の挙動や接合部周辺のコンクリートの挙動を把握するため，載荷荷重，変位

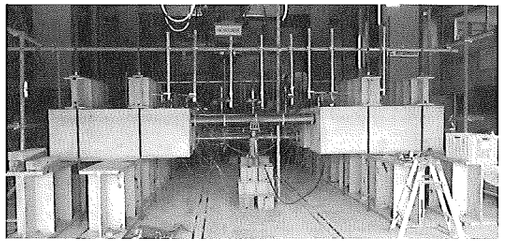


写真-2　試験体正面写真

表-3　使用材料一覧

項　目	仕　様	備　考
鋼　管	φ165.2mm t=11mm, STK400	引張強さ：493N/mm² 耐　力：407N/mm²
充填モルタル	1：3モルタル(N)	試験時：25.0N/mm²
コンクリート	目標σ=30N/mm²	試験時：30.4N/mm²
補強鉄筋	SD295A，D13	—

5-4　試験状況

試験は，初期段階は10kN，後半は5kN間隔の載荷ステップとし，荷重状態が30秒間維持できたあとに，荷重を上げる載荷方法とした．荷重を上げても変位のみが進行して荷重を維持することが困難となった場合や，コンクリートに急激なせん断破壊などが生じた場合には，その状態を最大耐力と判断した．

試験後の例として，Case 1の状況写真およびひび割れスケッチを**写真-3**，**図-10**に示す．

図-10に示すCase 1の上段鋼管のケースでは，鋼管の真上鉛直方向に伸びるひび割れが最初に発生した．ただし，ひび割れの幅は狭く，天端や底

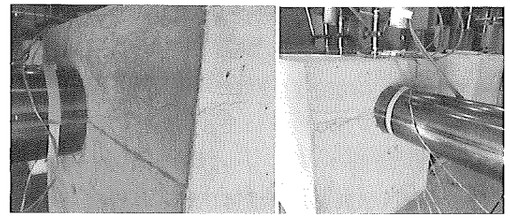


写真-3　上段鋼管のCase1 ひび割れ状況写真

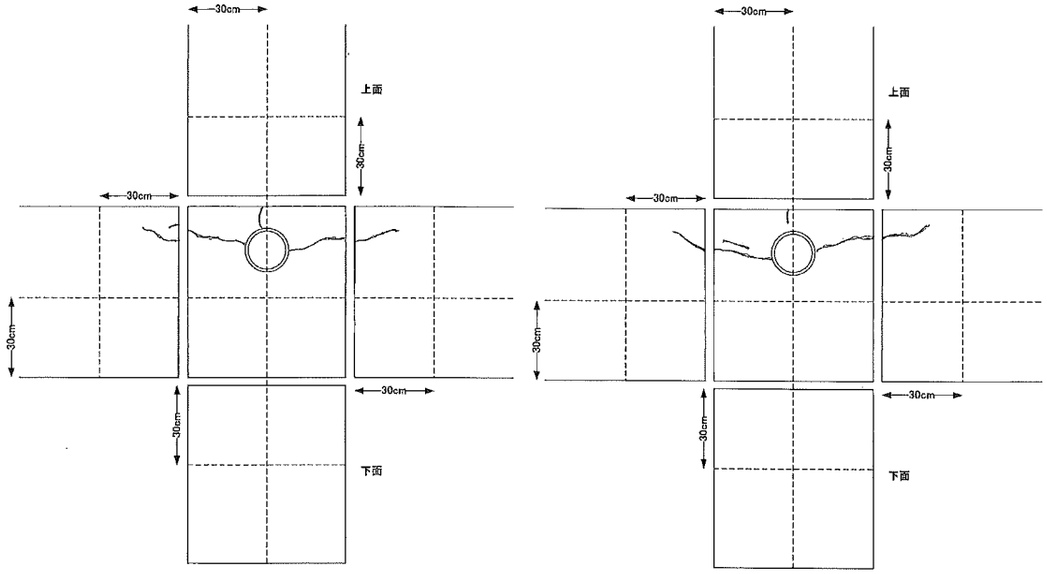


図-10　上段鋼管のCase1 ひび割れスケッチ

(鋼管，コンクリート)，鋼管ひずみ(表面上下，鋼管中心部)，コンクリートひずみ(表面，内部)の計測を行った．

面の奥行き方向には確認されなかった．次に，鋼管の側部から水平方向に伸びるひび割れが発生し，荷重の増大とともに，そのひび割れ幅が大きくなり，試験体コンクリート部の奥行き方向にも伸展した．最終的には，天端部に向かって斜め上方に伸びるひび割れが発生する状況であった．

5-5 試験結果

5-5-1 最大荷重

最大荷重(耐荷力)は，増加荷重を保持できなくなった荷重の最大値である．

上段鋼管の各ケースにおける最大荷重を**図-11**に示す．なお，下段鋼管はどのケースでも200kNを上回る結果であり，各条件下で大きな違いはなかった．

上段鋼管について，基本仕様となるCase 1 を基準とした場合，定着長を 2 倍としたCase 2 はほぼ同等で，設計荷重の117.6kNに対し約1.2倍程度を示す結果であった．かぶりが 2 倍となるCase 4 では，最大荷重が約1.5倍に上昇した．定着長もかぶりも同じだが，鉄筋による補強を行った Case 3 は，最大荷重が 2 倍を示す結果となった．

5-5-2 変位挙動および鋼管ひずみの変化点荷重

前項のとおり，最大荷重に着目すると，どの試験ケースも設計荷重を越える耐力を確認できるが，インバートとしての構造体が長期的に耐力を有するか否かの評価をした場合，最大荷重での評価は適当ではなく，構造体が弾性的に変形する領域での評価が必要と考える．

荷重と鋼管の変位やひずみの計測データをみると，鋼管の変位については線形的に変形が増加する状態から挙動が変化する点が，ひずみについては増加もしくは減少傾向からこれが逆転する点が存在する．そこで「変位挙動の変化点」と「鋼管接合部のひずみ変化点」の荷重に着目し，分析を行った．

(1) 変位挙動の変化点

載荷初期段階は荷重の増加とともに直線的に変位が増加していく領域があるとともに(**図-12**)，増加荷重に対して変位の増加量が多くなる変化点が存在する．ここでは，その変位変化点に着目して，各条件の試験結果を考察する．

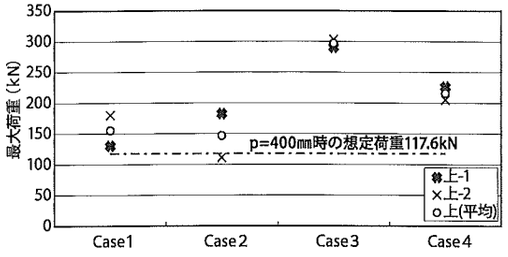


図-11 上段鋼管の最大荷重の比較

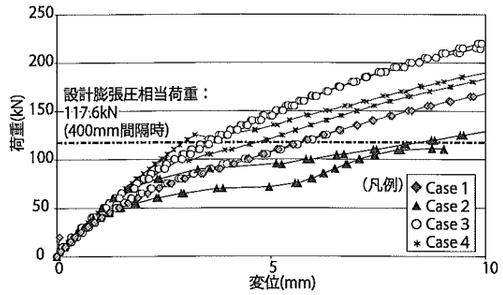


図-12 上段鋼管中央部の初期載荷時の挙動

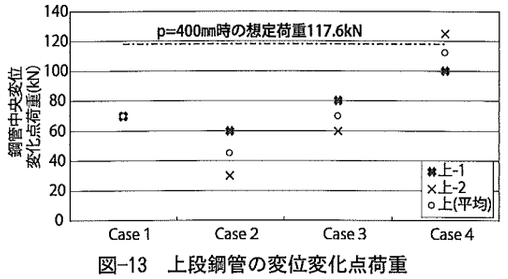


図-13 上段鋼管の変位変化点荷重

上段鋼管について，Case 1 を基準とした場合，定着長とかぶりが同じで補強鉄筋を配置したCase 3 はほぼ同等の荷重を示し，かぶりが 2 倍のCase 4 は1.6倍の値を示した．なお，Case 4 においても設計荷重の117.6kNをわずかに下回る結果となった(**図-13**)．

(2) 鋼管接合部のひずみ変化点

載荷荷重と鋼管接合部のひずみの挙動について，上段鋼管のCase 1 の例を**図-14**に示す．載荷初期段階は鋼管上部が圧縮ひずみを示し，鋼管下部が引張ひずみを示す単純曲げ状態を示す．その後，ひずみ増分が正負逆転する挙動となるのが確認できる(図中の○印)．この挙動は，鋼管端部が固定

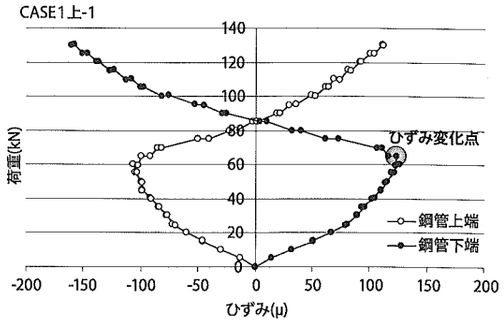


図-14 上段鋼管の接合部のひずみ挙動

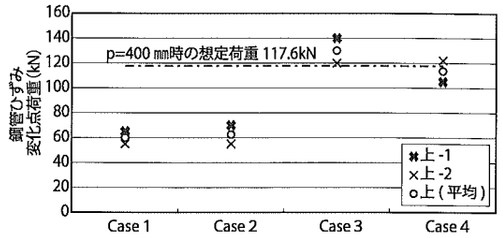


図-15 上段鋼管の接合部ひずみ変化点荷重

された状態から，鋼管周囲のひび割れ発生とともに，固定状態が失われる挙動変化と考えられる．よって，接合部が一体構造を保持できなくなる変化点として，この挙動変化を示す荷重に着目して整理し，各試験条件に対する考察を行う．

上段鋼管について，Case 1 を基準とした場合，定着長を増したCase 2 はほぼ同等の荷重を示す．かぶりが 2 倍となるCase 4 は約 2 倍に，補強鉄筋を配置したCase 3 が 2 倍以上の荷重を示し，この両ケースが設計荷重117.6kNをほぼ満足する結果であった(**図-15**)．

5-6 まとめ

各条件における，最大荷重，変位挙動変化点荷重，およびひずみ変化点荷重の平均値をまとめた結果を**表-4**に示す．なお，( )内は設計荷重の117.6kNに対する比率である．

上記より，以下のように総括する．

5-6-1 上段鋼管

基本仕様としたCase 1 は，設計荷重117.6kNを満足しない結果であり，補強が必要な仕様と判断された．

補強を考えた場合，Case 2 のように定着長を伸ばすことが考えられるが，Case 2 の試験結果において明確な補強効果が確認されず，補強案としては適当ではないと判断した．

Case 3 のように補強鉄筋を配置する案は，試験結果より最大荷重とひずみ変化点荷重が向上し，補強効果を確認することができる．

Case 4 のようにコンクリートかぶりを増加させる案は，最大荷重，変位挙動変化点荷重およびひずみ変化点荷重のいずれも補強効果が確認でき，他の補強方法と比較して，もっとも効率的な補強方法と判断した．

表-4 設計荷重に対するまとめ

	設計相当荷重＝117.6kN	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
上段鋼管	最大荷重	155.0 (1.32)	146.5 (1.25)	296.5 (2.52)	215.5 (1.83)
	変位変化点荷重	70.0 (0.6)	45.0 (0.38)	70.0 (0.6)	112.5 (0.96)
	ひずみ変化点荷重	60.0 (0.51)	62.5 (0.53)	130.0 (1.11)	113.5 (0.97)
下段鋼管	最大荷重	262.5 (2.23)	275.0 (2.34)	255.0 (2.17)	242.5 (2.06)
	変位変化点荷重	177.5 (1.51)	210.0 (1.79)	217.5 (1.85)	217.5 (1.85)
	ひずみ変化点荷重	177.5 (1.51)	275.0 (2.34)	242.5 (2.06)	235.0 (2.00)

(単位：kN)

5-6-2 下段鋼管

基本仕様のCase 1 においても，最大荷重，変位変化点荷重およびひずみ変化点荷重といった今回考察したすべての荷重に対して設計荷重117.6kNを上回っており，基本仕様で問題ないと判断された．

5-6-3 総合評価

新工法の接合部の仕様を決めるにあたっては，新たに設置するインバートは長期的な健全性の確保が望まれるため，すでにひび割れと変形が発生した状態の最大荷重にて検討するのではなく，接続部構造が一体構造を保持し続けられる荷重が設計荷重を上回るか否かで評価し，仕様を定めることとした．

5-6-1 項で記述したとおり，かぶりを増した

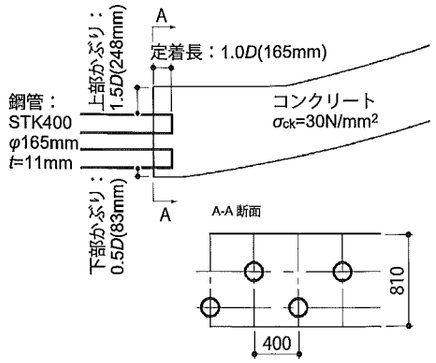


図-16　鋼管とコンクリート接合部の仕様案

Case 4 が効率的な補強工法と考えられるが，かぶり1.0*D*では設計荷重117.6kNをわずかに下回る．

Case 4 の仕様は，Case 1 と比較すると変位変化点荷重で約1.6倍，ひずみ変化点荷重が約 2 倍向上することが確認されていた．上段鋼管のかぶりをさらに0.5*D*増せば設計荷重を十分上回ると考え，**図-16**のようにかぶりを1.5*D*に見直すこととした．

6 施工に関する検討

6-1　鋼管打設の実験

新工法はトンネル内の狭小な施工エリアから，想定される中硬質な地山に対して水平方向に鋼管を打設する必要がある．そのため，汎用機械(今回はジャンボのドリフタを改造)での施工性について実物大施工実験にて確認した．施工実験にはコンクリートおよび流動化処理土を用いた模擬地山を用意し，圧縮強度を，2 N/mm²，10N/mm²，20 N/mm²と変化させ，さらに礫混じりの地山も再現した(**写真-4**)．

施工実験の結果，すべての条件において鋼管打設が可能であることを確認するとともに，サイクルタイムや施工精度などのデータを収集した．

6-2　鋼アーチによる土留めの検討

1 車線規制におけるインバート掘削は，親杭方式による土留め掘削(**図-17**)が一般的と思われるが，トンネル内の中硬質な地山に対しては難工事となることが予想される．このため，それに代わる土留め工法として鋼アーチによる土留め工法

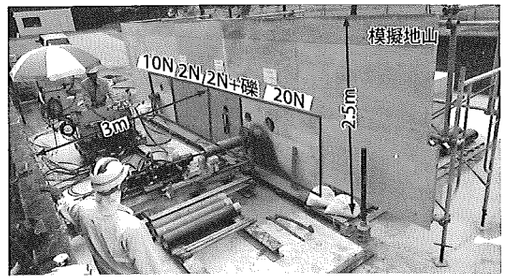


写真-4　鋼管打設の施工実験

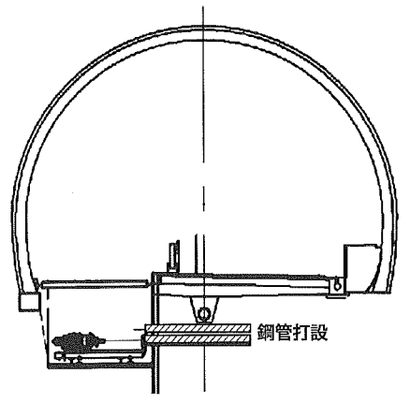


図-17　親杭方式

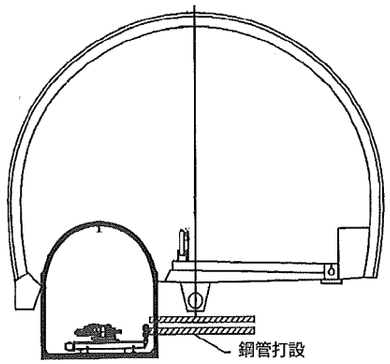


図-18　鋼アーチ土留め

(**図-18**)を検討した．この土留め工法は，短期的には掘削面が自立する地山を想定し，掘削後に鋼製のアーチ状の部材で掘削断面を閉合することで親杭方式と同等の効果を期待する工法である．導坑トンネル施工に用いる鋼アーチ支保工(H-100程度)と底盤のストラット部材にて構成し，建込みは小規模な荷揚げ機械と人力での施工を想定した．

7 施工の影響解析を踏まえた施工方法の検討

7-1　覆工足付けコンクリートの施工

本稿 4-1 節にて，覆工直下のインバート掘削の影響で，覆工に変形が生じるとの三次元解析の結果を示した．この結果をうけて，新工法ではインバート掘削に先行して，覆工の足付けコンクリートを施工することとし(**図-19**)，インバート掘削による覆工への影響を低減することとした．

7-2　隣接区間の先行掘削による連続施工

新工法では，**図-20, 21**に示す鋼アーチによる土留めを用いた連続施工方式を検討した．

連続施工方式は，インバート掘削→鋼アーチ土留め→鋼管打設→インバートコンクリート打設→埋戻し，といった一連の工程を縦断的に連続して施工する方式である．鋼アーチ土留めは800㎜ピッチを想定しており，おおむね 2 間進むごとに，後方の鋼アーチ土留め部材を前方へ転用することで連続施工が可能となる．こうして先行的にインバート掘削を行うことで，覆工などへの影響を軽減できると同時に，削孔機械の搬入出をくり返さずにすみ，効率的となる．

以上より，連続施工方式は，力学的な面でも施工性の面でも優れた施工方法であると考える．

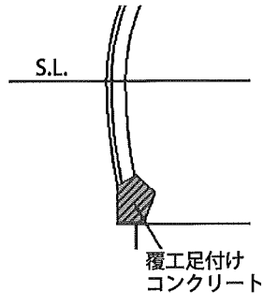


図-19　覆工足付けコンクリート

8 おわりに

盤ぶくれが発生しているトンネルのなかには，対策が必要でありながら連続的な通行止めを必要とする点がネックとなり，有効な対策工であるインバートの設置が行えないトンネルが存在している．このようなトンネルに対して 1 車線を確保しつつ，インバート構造を新設したいとする課題に応えられるのが今回紹介した新工法である．

現段階は，基本形状や細部仕様，施工方法などを各種実験と机上検討により具体化してきたところである．今後は，現場適用に向けた最終的な検討を行い，実施工を通じて施工性や補強効果などの検証を行い，現場のニーズに応えるべく新工法を確立してゆく予定である．

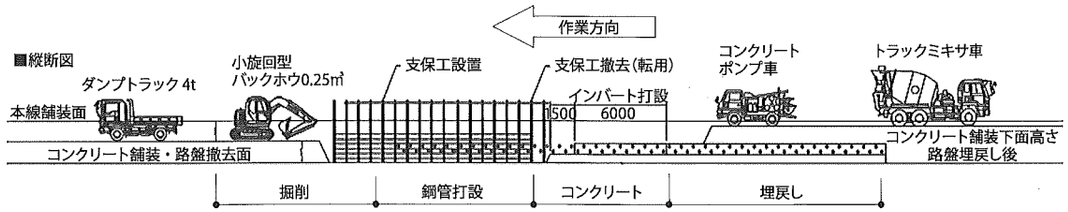


図-20　鋼アーチ土留めを用いた連続施工

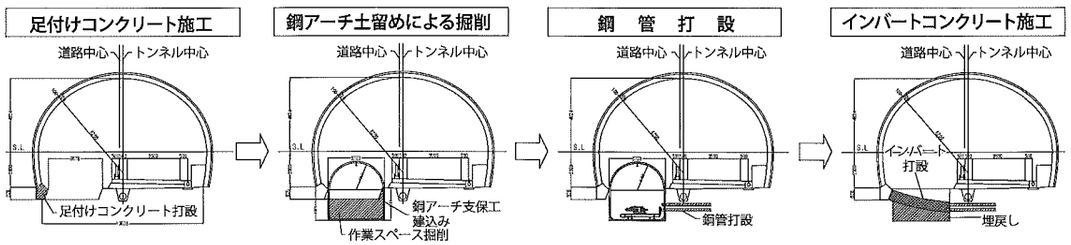
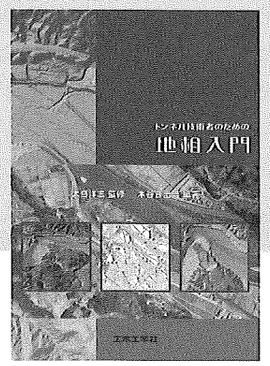


図-21　施工順序

参 考 文 献

1) NEXCO 3 社：高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会報告書，2014.1.
2) 北村元・大津敏郎・岩尾哲也：供用路線における複合構造インバート設置工法の開発，第30回日本道路会議，2013.10.
3) 鈴木一輝・土門剛・北村元・安井成豊・西村和夫：複合構造インバートの施工過程を考慮した三次元数値解析，トンネル工学報告集，Vol.23，2013.11.
4) 北村元・岩尾哲也・西村和夫・安井成豊：供用中のトンネルにおける鋼管を用いた複合構造によるインバートの設置工法の検討，トンネル工学報告集，Vol.23，2013.11.

新刊図書のご案内　地形にも相がある　地形の性質を知ろう！



トンネル技術者のための
地相入門

大島洋志 監修　木谷日出男 編著

B5判 203頁 定価3,200円+税 送料別

《主要目次》
序　編　まえがき　地相は人相　山の性状
第Ⅰ編　地形から読み取れる情報
　地形から地相を読む方法 / 地形から得る具体的な情報
第Ⅱ編　地形種とトンネルの施工事例
　段丘・台地 / 崖錐・沖積錐・扇状地 / 傾斜層 / 地すべり / マスムーブメント・滑落崖 / 断層(断層変位地形) / 断層(断層削剥地形) / 火山地形 / カルスト地形・残丘 / 地形改変
第Ⅲ編　路線選定　地相をよく観て路線選定を行う
あとがきにかえて　座談会

図・表・写真 288点収録

お申し込みは当社へFAX，または，お近くの書店にてお申し込みください

株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL 03-3267-2888　FAX 03-3267-2807

連載講座

都市トンネルのための地盤改良工法(1)

—概　要—

「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会

① 連載をはじめるにあたって

1-1　本講座の背景・趣旨

トンネルは基本的には地盤に守られ，地盤で造られている空間である．そのため，地盤の硬軟の違いや地下水の状態により，支保や覆工が変わってくる．今回対象の都市トンネルは比較的軟らかい地盤に建設され，地盤を敵とせず，その力を引き出すために地盤改良を併用する場合が多い．

都市部では，地下施設が輻輳した状態になっており，わずかに残された狭隘な空間やまだ使用されていない深い位置でトンネルが建設されるようになってきている．地盤などの施工条件が悪いなか，複雑な建設手順が求められ，また環境問題にも細心の注意を払う必要がある．このため必要に応じて地盤改良を用いて工事の安全・安心を図っている．

このように地盤改良は，都市トンネル建設に欠かせない技術である．一時期に比べてその技術開発の速度は落ちたものの，新しい技術も開発されてきている．しかし，一般的にはよく知られてない技術であり，経験者にしかわからない部分も多く残されている．また実現場では，適切な地盤改良工法を選定し，どのような規模で用いるか判断しなければならないが，なかなか難しい問題である．さらに，近接構造物への影響など地盤改良に起因した各種トラブルも発生している．そこで，現状における施工技術を総括して示し，それぞれの工法の計画・設計・施工上の留意点，特色ある適用事例などを簡潔に整理することにした．

表-1 「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会

	氏　名	所　属
顧　問	小山　幸則	立命館大学
委員長	小西　真治	東京地下鉄(株)
委　員	赤木　寛一	早稲田大学
〃	仲山　貴司	(公財)鉄道総合技術研究所
〃	五十嵐寛昌	鹿島建設(株)
〃	藤崎　勝利	鹿島建設(株)
〃	坂梨　利男	鹿島建設(株)
〃	伊豆田久雄	(株)精研
〃	小椋　浩	(株)精研
〃	高坂　信章	清水建設(株)

本講座では，都市トンネルの施工で適用される地盤改良を対象としている．地盤は，沖積層，洪積層，第三紀層などが対象である．なお，鋼材を用いた工法(例えば，地下連続壁やフォアパイリング，AGFなど)は対象外とした．

1-2　講座の構成

本講座では，本編を含め以下の7回の掲載を予定している．

① 連載講座をはじめるにあたって(概要)
② 薬液注入工法
③ セメント固化改良工法(噴射攪拌工法，機械式攪拌工法)その1
④ セメント固化改良工法(噴射攪拌工法，機

械式攪拌工法)その2
⑤　凍結工法
⑥　地下水位低下工法
⑦　現状と将来展望およびまとめ

最終回の現状と将来展望では，委員全員で行う座談会の内容を紹介する．

②　都市トンネルにおける地盤改良工法の目的

都市トンネルにおける地盤改良適用の目的は大きく分けると，止水と変形抑制の2種類になる．

止水は，掘削した空間への地下水や土砂の流入防止，ボイリングや盤ぶくれ防止，土留め壁の漏水防止，地下水圧の低減などが目的である．

変形抑制は，掘削に伴う切羽崩壊の防止，地表面沈下や周辺地盤・構造物の変状防止，ヒービング防止などが目的である．

地盤改良の種類によって止水が得意なもの，変形抑制が得意なものがあり，選定にあたって適用の目的を明確にしておく必要がある．

今回対象としている都市トンネルは開削トンネル，シールドトンネル，都市NATMであり，これらに対する適用目的を述べる．

開削トンネルでの地盤改良適用は，盤ぶくれ(図-1)，ヒービング，ボイリング防止あるいは地震時の液状化による浮上り防止，アンダーピニングでの影響防止などが主な目的となる．

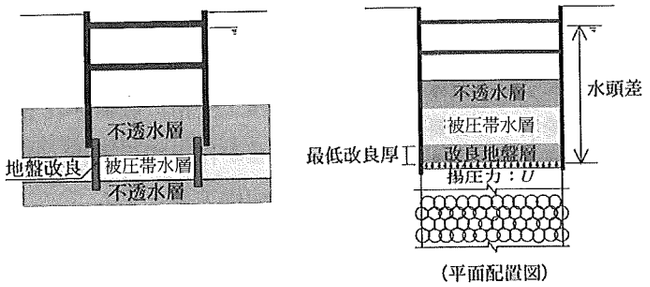


図-1　盤ぶくれ対策での地盤改良[1)]

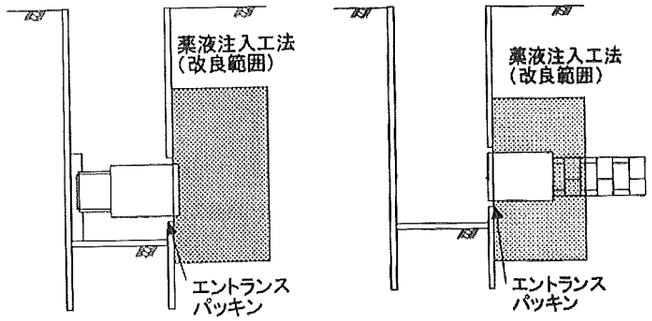


図-2　発進，到達防護での地盤改良[2)]

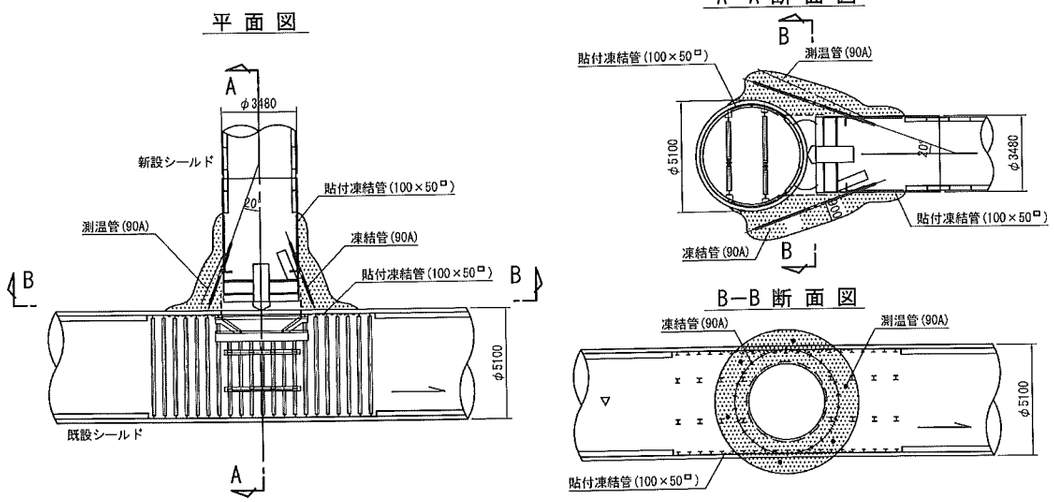
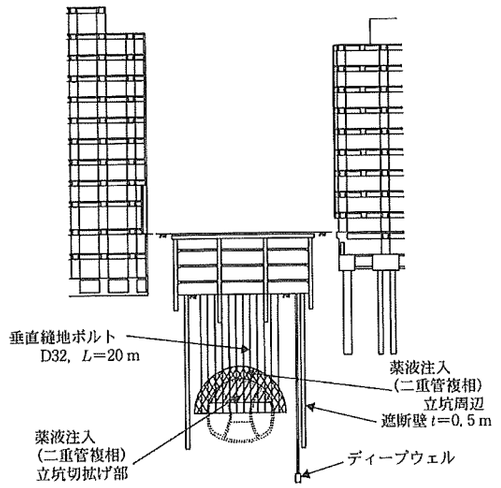


図-3　地中接合での地盤改良[3)]



(a)　遮断壁の例（京橋トンネル）

図-4　都市NATMでの地盤改良[4)]

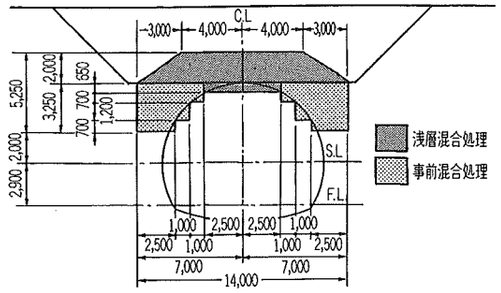


図-5　NATMでの地上部からの地盤改良[5)]

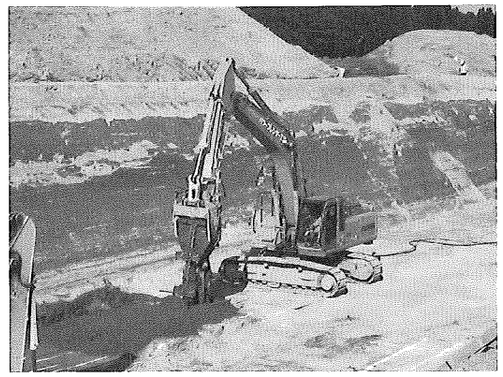


写真-1　NATMでの地上部からの地盤改良

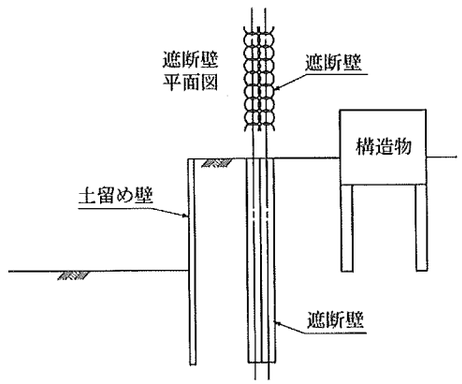


図-6　環境対策での地盤改良[6)]

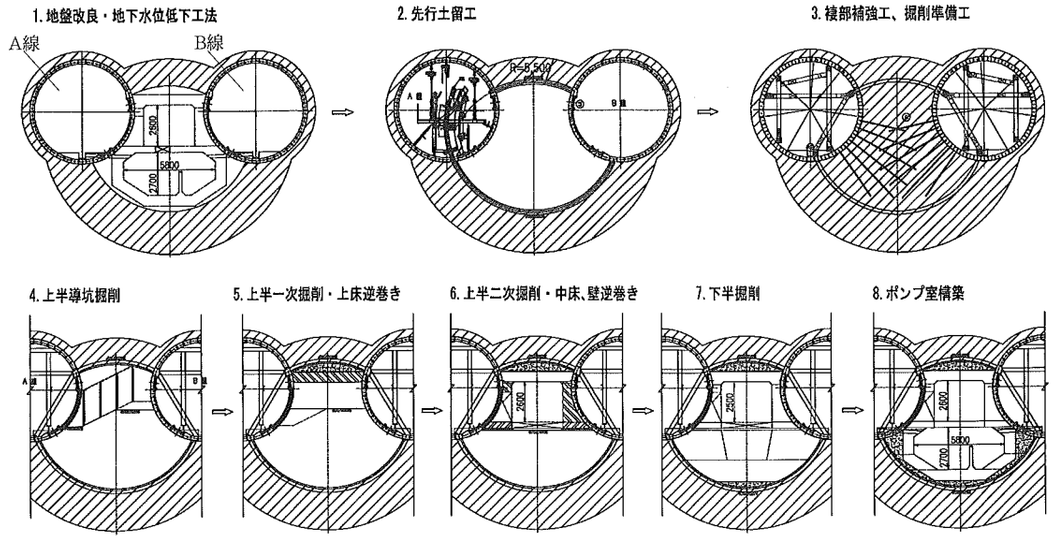


図-7　ポンプ室施工での地盤改良[7)]

シールドトンネルでは，発進防護，到達防護(図-2)，急曲線施工の反力，地中接合(図-3)，ビット交換，支障物撤去などが主な目的である．開放型シールドの時代は，切羽の安定も目的の一つであったが，近年，密閉型シールドになってからほとんどその必要はなくなった．

都市NATMでは，切羽の安定，沈下防止などが主な用途となる．一般的にはさまざまな地盤改良を組み合わせて用いることが多い(図-4)．

近年，都市近郊において浅いトンネルを施工する場合で地上部の利用が可能な場合は，経済性から事前に機械式攪拌工法などで掘削位置の地盤改良を行ってトンネルを掘削する例が出てきている(図-5，写真-1)．

環境問題では，近接施工の影響防止，振動騒音対策で遮断層(図-6)としての適用などがある．

その他の目的として，近年，地下鉄の駅，ポンプ室(図-7)，換気坑の接続，地下高速道路のランプ部や出入口部の建設で，シールドトンネルからの地中切り拡げを行うことが増えている．この場合も，地盤改良が用いられている．

③ 都市トンネルにおける地盤改良の特徴

3-1　地盤条件

都市トンネルにおける地盤改良の対象地盤の特徴として，比較的軟弱な地盤であることや地下水位が高いことが挙げられる．

また，難しい問題としては，土丹層で介在砂層と互層になっている場合に砂層を狙って改良することや，礫や玉石の存在する層でそれらの背面まで均一に改良することなどが挙げられる．

3-2　環境条件・施工条件

都市トンネルの場合，地上の用地や空間が自由に使えない場合が多く，狭隘な空間での施工になることが多い．また，振動，騒音問題による規制が厳しいことも特徴の一つである．

さらに，近年，大深度や高水圧下でのニーズが増えてきており，大深度での施工精度や作業効率の確保あるいは支障物が存在する場合の水平施工や斜め施工を用いた対応など難しい課題がある．

④ 都市トンネルにおける地盤改良工法の種類

都市トンネルの施工などで用いられる主な地盤改良工法としては，薬液注入工法，噴射攪拌工法，機械式攪拌工法，凍結工法，地下水位低下工法が挙げられる．

薬液注入工法は，ボーリング孔から固化材(薬液)を地盤に圧力注入して，土粒子の間隙(砂質土)や亀裂(粘性土)に充填して地盤を固め，止水性や強度を高める工法である(図-8)．大きな強度は望めないが，止水効果は高い．攪拌工法のような置換え工法と比べると，注入範囲全体を完全な状態にするにはかなり入念な施工が必要である．小さな設備で施工が可能で，施工期間も短く，振動・騒音などのトラブルも少ない(写真-2)．また，削孔土砂などの処分も不要である．地盤によっては均質に改良することが難しい場合がある．

噴射攪拌工法は，ボーリング削孔したロッドの先端部から高圧で固化材を地盤に噴射して改良体(固化体)を造成する工法，あるいは高圧で流体を噴射して地盤を切削し，その後固化材を噴射注入する工法である(写真-3，図-9)．小さな削孔で大きな面積の改良体作成が可能で，強度も高い．地盤が硬い場合は，大きな改良体を造成するのが困

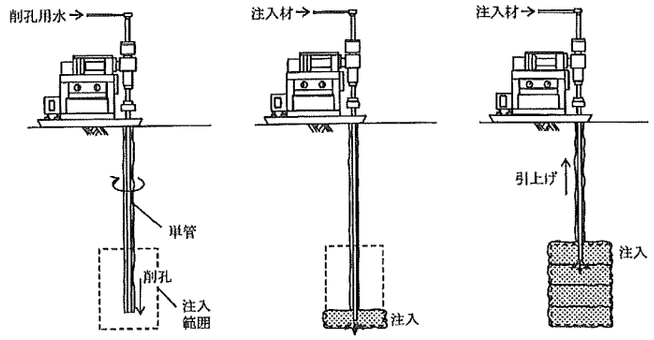


図-8　標準的な薬液注入工法の施工手順[8]

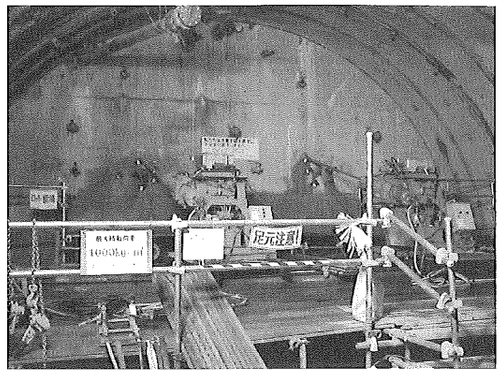


写真-2　トンネルからの薬液注入状況

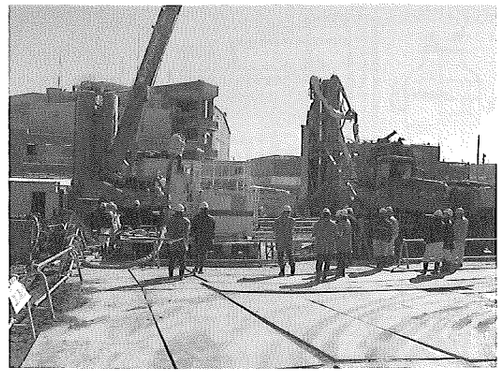


写真-3　噴射攪拌工法施工状況

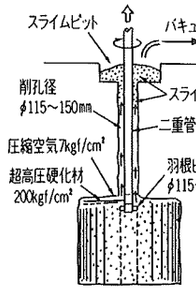
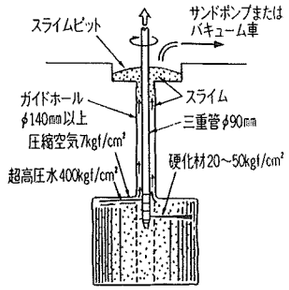
	JSG工法	コラムジェットグラウト工法
概略図		
諸元	切削圧力：200kgf/cm² 硬化材噴射吐出量：60L/分	切削圧力：400kgf/cm² 水噴射吐出量：70L/分 硬化材吐出量：140，180L/分

図-9　噴射攪拌工法施工説明図[9]

難である．

機械式攪拌工法は，アースオーガやバックホーのような掘削装置により地盤を掘削し，攪拌翼を装備した装置で掘削土砂と固化材を混合して固化体を造成する工法である(図-10, 11)．施工が簡単で強度も大きく，安価である．しかし，止水性能は低い場合が多い．

凍結工法は，地下水が問題になる地盤を一時的に凍結させて工事を行う工法である．地盤中に凍結管を埋設(写真-4)し，冷却液を送り込んで凍結させ(図-12)，遮水性と強度に優れた地盤を作る．強度も大きく止水性も高いが，比較的高価で期間限定である．地下水流速の大きいところでは薬液注入などにより流速軽減が必要になることがある．また，凍土の凍結膨張圧の心配もある．

地下水位低下工法は，都市トンネルではディー

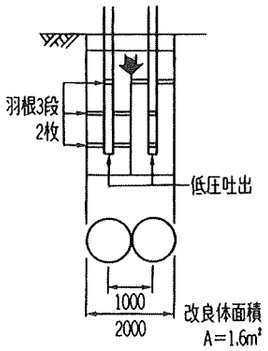


図-10　機械式攪拌の説明図[9]

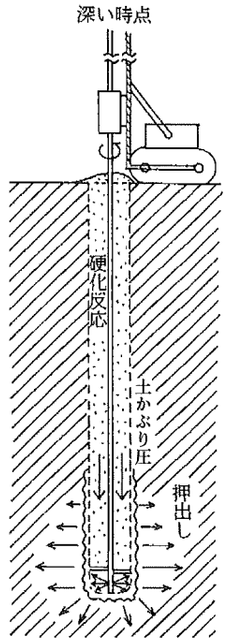


図-11　機械式攪拌工法の施工状況図[10]

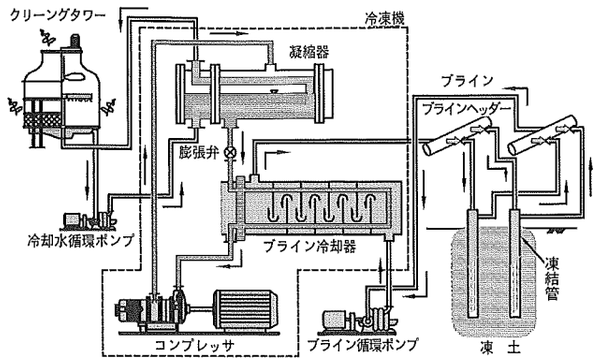


図-12　凍結工法概略図

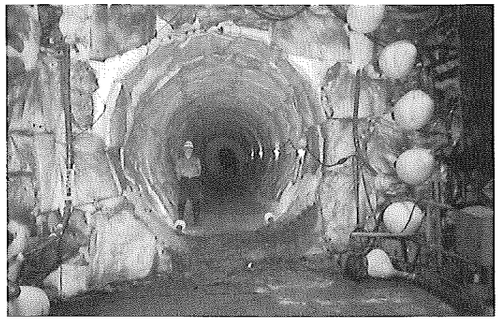


写真-4　凍結工法施工状況(水平接続防護)

プウェルやウェルポイントで地下水位を低下させ，地下水の流入防止を図るとともに，地盤の強度増加も期待するものである(図-13)．

詳細は，次回以降の各講座で述べる．

⑤ 地盤改良工法での留意点

5-1　計画での留意点

各工法にはそれぞれ適用可能範囲があるので，対象地盤強度や透水係数などの地質・地盤条件，施工深度，施工規模，施工場所の条件などとの関係を検討して適切な工法を選定する．過去に適用事例がない条件で用いる場合は，試験施工で改良体の大きさ，形状，品質など，目的が達成できるかどうか確認することが必要である．

5-2　設計での留意点

改良強度を正確に見積もることが大切である．改良部・未改良部が混成する場合の強度低減，改良部の大きさ，形状およびその確実性などを勘案して，改良部のラップを考慮した配置の設計(図-14)，施工手順，注入率のような割増しの考え方などを取り入れていく．

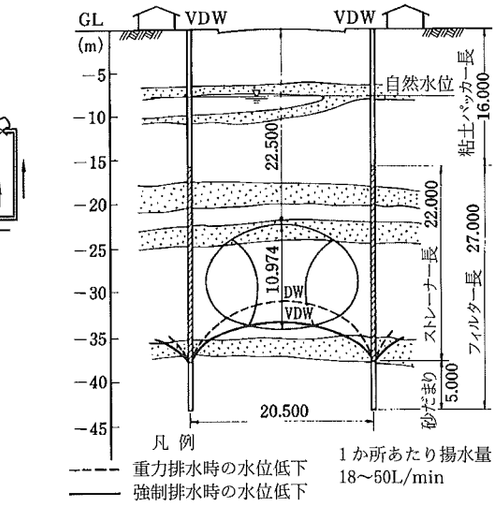


図-13　地下水位低下工法適用例[11]

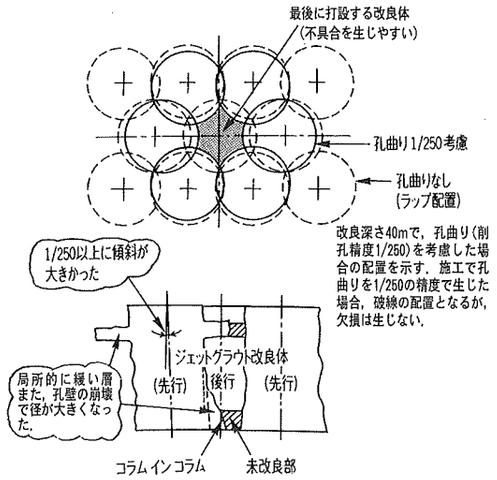


図-14　削孔精度を考慮した改良体配置と不具合想定図[9]

5-3　施工での留意点

施工における管理の項目としては，①材料に関して：改良材の使用数量，品質，配合，②施工に関して：削孔速度・精度，改良速度，改良時の圧力(注入圧)，改良量(注入量)，③環境に関して：地盤および近接構造物の変位・変形，地下水の水質，④改良効果，などがある．

改良材の効果は気温や水質の状態などにより変化するため，事前の配合試験だけでなく改良前に現場で配合試験を行い確認することも必要である．

5-4　効果の確認での留意点

地盤改良において所要の効果が得られているかどうかの確認は，その後の工事の安全性を左右するため，適切な方法を用いて地盤改良施工後に行う必要がある．

一般的には，施工状況の監視からの推定，一部を掘削して確認したり，フェノールフタレインのような薬剤で確認する方法，ボーリングによりコアを採取して確認する方法，現場透水試験で確認する方法，物理探査で確認する方法などがある．これらにより所要の効果が得られていないことがわかれば，例えば補足注入をするなど追加の対策を取ることが必要である．

⑥ おわりに

都市トンネルのための地盤改良工法はいくつかの種類があり，目的に応じたもので，環境条件など都市部特有の条件に適合した工法を用いることが大切である．諸条件をよく吟味して，適切な工法を選定し，適切な規模の工事を計画，設計し，適切な施工を行い，都市トンネル工事の安全性を担保することが，地盤改良の可能性を広げるものと思っている．本連載講座では，薬液注入工法，噴射攪拌工法，機械式攪拌工法，凍結工法，地下水位低下工法について，工法の概要・特徴，適用の目的，計画・設計，施工事例，効果の評価，新技術の紹介などを専門家に詳細に記述してもらうので，ぜひ，参考にしていただきたい．

現在の課題としては，改良効果の確認方法，評価方法があまり進歩していないことであると感じている．地盤改良は地中の見えない部分に施工するものであり，成果物がリアルタイムで見えれば，信頼性はさらに高まる．ぜひ研究開発を進めて欲しい分野である．

また，大深度での施工精度の向上，礫や玉石が存在する地盤での均質な改良体の施工などの開発が望まれる．

地盤改良の長期耐久性については，最近かなり開発が進み実用化されてきていると感じている．今後，さらなる研究開発が進み，短期の仮設だけではなく，本体構造物と同じ寿命を持つ永久改良体として取り扱えると本体構造物の設計も変わってくるものと期待している．

(文責：小西真治/東京地下鉄(株))

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説，開削トンネル，丸善，p.211, 2001.
2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説，シールドトンネル，丸善，pp.195-196, 2002.
3) 尾宮邦昭・羽根康演：市街地の地下30mでの凍結工法による既設管渠との地中接合，名古屋市下水道権現通第2雨水幹線，トンネルと地下，Vol.44，No.11，pp.33-42，2013..
4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説，都市部山岳工法トンネル，丸善，p.78, 2002.
5) 北川隆・磯谷篤実・奥津一俊・川口隆徳：地山改良とサイドパイルで小土かぶり土砂地山を掘削，東北新幹線牛鍵トンネル，トンネルと地下，Vol.35，No.4，pp.7-14，2004.
6) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説，開削トンネル，丸善，p.264, 2001.
7) 東京地下鉄：副都心線工事誌.
8) 鉄道総合技術研究所：注入の設計施工マニュアル，鉄道総合技術研究所，p.24，2011.
9)「地盤改良」連載講座小委員会：連載講座　地盤改良(6)，改良原理にもとづく調査・設計・施工方法(固化・止水)，トンネルと地下，Vol.28，No.7，pp.59-65，1997.
10) 鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル，鉄道総合技術研究所鉄道技術推進センター，p.187，2006.
11) 長崎清一・千野彰・森広人：地下鉄駅部を大断面NATMで掘る，横浜市地下鉄3号線　三ツ沢下町，三ツ沢上町駅，トンネルと地下，Vol.13，No.8，pp.17-31，1982.

トンネルジャーナル

平成25年度地盤工学会受賞者

地盤工学会は，平成25年度の地盤工学会賞受賞者14件を発表した．6月12日に地盤工学会大会議室で開催される通常総会で表彰する．同賞は地盤工学分野における学術や技術の進展に顕著に貢献し，社会的貢献度の高い業績や論文を対象にとしており，個人，機関，およびそれらのグループに送られる．

■地盤環境賞

地盤工学会基準部ISO国内委員会：地盤環境スクリーニング技術の開発と国際標準化．

五十嵐敏文(北海道大学大学院教授)ほか：自然由来重金属等の対策に関するマニュアル整備およびその普及による公共事業におけるコスト縮減の実現．

■技術業績賞

東京都土木技術支援・人材育成センターほか：「東京の液状化予測図」と関連する地形・地盤の情報のインターネット公開．

鉄道・運輸機構ほか：北海道新幹線への補強土構造物の適用(補強盛土，補強土擁壁から補強盛土：一体橋梁まで)．

近畿地方整備局ほか：和歌山下津港本港地区耐震強化岸壁(－12m)における液状化対策について「防災復興対策の要を担う耐震強化岸壁の強靱化」．

■技術開発賞

濱田純次(竹中工務店技術研究所)ほか：格子状地盤改良を併用した高耐力パイルド・ラフト基礎の開発．

水資源機構ほか：地下水の認められない亀裂性岩盤における比抵抗トモグラフィ探査法の開発．

石堂正之(モノレールエンジニアリング)ほか：鋼殻補強コンクリートと地盤改良工法による杭基礎の耐震補強技術．

■論文賞(和文部門)

安原英明(愛媛大学大学院)ほか：拘束圧・温度に依存する花崗岩不連続面の不可逆透水特性に関する実験的評価．

高野大樹(港湾空港技術研究所)ほか：静的圧入締固め工法の液状化抑制効果に関する検討．

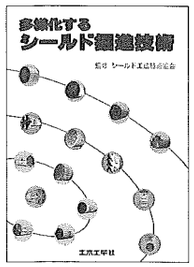
國生剛治(中央大学)：エネルギー的液状化判定法の適用性検討とFL法との対比．

■論文賞(英文部門)

野口孝俊(関東地方整備局)ほか：Construction of new runway from pier-type jacket structures with large-diameter long steel pipe piles.

佐々真志(港湾空港技術研究所)ほか：Ecological geotechnics: Role of waterfront geoenvironment as habitats in the activities of crabs, bivalves, and birds for biodiversity restoration.

兵動正幸(山口大学大学院)：Mechanical and dissociation properties of methane hydrate-bearing sand in deep seabed.



多様化する
シールド掘進技術

監修　シールド工法技術協会
B5判　141頁　本体価格2,500円

株式会社 土木工学社　〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16　メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267－2888 (代)　振替 00110-8-190072

工法・技術・製品ニュース

製品 日立建機 油圧ショベルなど5機種を発売開始







上からZX120-6B，ZW100-6B，ZC220P-5

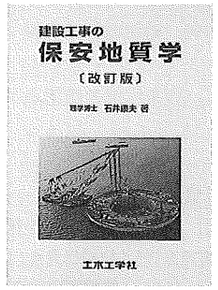
日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
広報グループ
Tel 03-3830-8065
http://www.hitachi-kenki.co.jp/

日立建機は，新型油圧ショベルZAXIS-5シリーズのZX120-6B(標準バケット容量0.5m³，運転質量12.2t)と後方超小旋回機ZX135US-6B(同0.5m³，同13.4t)を，新型ホイールローダZW-5シリーズとしてZW100-6B(標準バケット容量1.3m³，運転質量7.02t)，ZW120-6B(標準バケット容量1.5m³，運転質量8.12t)を，また，新型タイヤローラZC220P-5(運転質量12.9t)の発売を開始した．

ZX120-6BとZX135US-6Bは排出ガス規制のオフロード法2011年基準に適合した油圧ショベルで，大作業量を維持しながら低燃費を実現し，従来機と比較して作業量同等で約5％の燃費を低減させた．また，安全性も向上させており，労働安全衛生法のヘッドガード基準やISOのROPS基準にも対応したキャブを搭載したほか，後方監視カメラの視界も大きくした．

ZW100-6BとZW120-6Bは排出ガス規制のオフロード法2011年基準に適合したホイールローダで，同社とKCMとの共同開発により両社の技術を結集させたニューモデル．現行モデルの良さを踏襲しながらも，経済性，作業性能，オペレータの快適性など，ホイールローダに求められるあらゆる点を改良し，ユーザーニーズに応えた．

ZC220P-5は，排出ガス規制のオフロード法2011年基準に適合したタイヤローラ．国土交通省の超低騒音型建設機械の基準値をクリアし，国土交通省の超低騒型建設機械として指定されるなど環境に配慮した．また従来機と比較して，安全性，作業性，メンテナンス性を向上させ，道路工事などの現場での転圧作業で性能を発揮する．



ユニークな手法を駆使!!　建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の
保安地質学
〔改訂版〕

理学博士　石井康夫 著

A5判　上製本　475頁　価格6,300円　〒340円

本書は，多くの人が『地質の知識を通して，安全を守る』という点の理解を深めることを目的とし，安全教育の資料，あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えた他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である．

株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話　(03)3267-2888 (代)　振替00110-8-190072

一般社団法人
日本トンネル技術協会
会報

1. 会員の現状

	4月30日現在
個人会員	837名
団体会員	201名
推薦会員	212名
特別会員	13名
名誉会員	0名
賛助会員	118名
合　計	1,381名

2. 平成26年度第1回理事会，第1回顧問・評議員会

日　時：4月23日(水)　12：00～13：00
場　所：東京商工会議所8F「東商スカイルーム」
出席者：理事12名，監事2名，代理等3名，顧問1名，評議員21名，計39名
議　事：
(1)名誉会員の推薦に関する内規(案)
名誉会員の推薦に関する内規(案)について了承された．
(2)理事，監事，評議員の交替
平成26年度の理事，監事，評議員の交替について了承された．
(3)平成26年度定時総会議案(案)
定時総会の議案(案)を了承した．

3. 委員会の開催状況(4月1日～30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

総務委員会(4/18)
小島治雄委員長ほか9名，理事会資料を検討

広報小委員会会誌WG(4/2)
大島洋志主査ほか12名，5月号の会誌と3か月計画を検討

広報小委員会ホームページWG(4/25)
須藤敏明主査ほか5名，記念事業の広報対策を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

催物企画WG(4/9)
中間祥二主査ほか6名，イベント実施方針を検討

作品展示WG(4/16)
吉富幸雄主査ほか12名，展示会場および作品募集・作成方針を検討

作品SWG(4/9)
平野隆委員ほか4名，写真募集を検討

映像ライブラリーWG(4/15)
富澤直樹主査ほか6名，募集方針を検討

記念誌SWG(4/23)
安井啓祐主査ほか9名，年表整理状況を確認・検討

◎国際委員会

海外文献小委員会

海外ニュースWG(4/21)
清水健志主査ほか7名，英文原稿を査読

海外文献WG(4/22)
福井勝則主査ほか16名，英文原稿を査読

計　10回開催　96名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

保守管理小委員会(4/11)
藤森伸一委員長ほか15名，保守管理講演会案を検討

都市トンネル小委員会

シールド変遷史編集WG打合せ会(4/24)
中村隆良副主査ほか7名，作業方針を検討

都市近接施工ガイドライン編集小委員会

文献調査WG(4/4)
滝本邦彦主査ほか9名，アンケート調査回収状況確認およびとりまとめ方針を検討

本文編集WG(4/14)
西田与志雄主査ほか10名，編集方針を検討

参考資料WG(4/25)
山元寛哲主査ほか8名，作業状況の確認および課題を検討

◎受託研究特別委員会

長期耐久性特別委員会打合せ会(4/18)
松岡茂幹事長ほか11名，試験結果データを検討

北海道新幹線トンネル(北海道方)施工技術委員会(4/24)
三上隆委員長ほか63名，検討・施工法の検討

計　7回開催　130名出席

合計　17回開催　226名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第41回ITA総会およびコングレス「Promoting Tunnelling in South East European (SEE) Region」	2015. 5. 22～28	ドヴロヴニク(クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコングレス「Uniting Our Industry」	2016. 6. 12～15	サンフランシスコ(アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会)

＊会議に関する詳細は事務局(担当：関)までお問い合わせください．　TEL：03-3524-1755　FAX：03-5148-3655

5. 平成26年度催物開催現況

(平成26年5月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(施工体験発表会) 第74回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事―新技術，創意工夫，周辺環境への配慮―」	2014. 6.24	200	東京都	
第75回(都市)「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工事―新設および改良・再構築の施工事例―」	2014. 6.25	200	東京都	

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧ください．http://www.japan-tunnel.org/event_japan

個人会員E-mailアドレスの登録依頼について

当協会では，積極的な情報提供を行うため，これまで団体会員連絡者のメールアドレスを登録いただき，E-mailとホームページを使った各種案内を実施しております．一方，個人会員に対しても同様に行うこととして，E-mailアドレスの登録を進めておりますが，未だ少ない状態です．協会は2015(平成27)年度協会設立40周年を迎えます．これを契機に積極的に収集いたしますので，下記要領でご登録くださいますようにお願いいたします．

―記―

1. 使用目的：協会の催物をはじめ各種の連絡事項などの発信に活用させていただきます．
2. 連絡登録方法：メールでお願します．
送信タイトルを「jtaアドレス登録」とし氏名，所属，TEL，E-mailアドレスを記載のうえwebmaster@japan-tunnel.orgまで送信願います．
3. その他：協会からの情報を発信する場合は当面送信タイトルに「jta」を明記します．
4. 問い合せ先：田中(TEL：03-3524-1755　FAX：03-5148-3655)

個人会員加入のお誘い

技術の習得のために個人会員に加入してはいかがでしょうか．協会ホームページの申込書で簡単に入会手続ができます．

□個人会費：年12,000円(月1,000円)
□メリット1：協会の機関紙「トンネルと地下」を毎月，無料でお届けします．
□メリット2：協会刊行図書が個人会員価格で購入できます．
□メリット3：協会開催の各種催物に個人会員価格で参加できます．

施工体験発表会開催のご案内

恒例の施工体験発表会を下記のとおり開催いたします．第74回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事―新技術，創意工夫，周辺環境への配慮―」と題して15件，第75回(都市)「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工事―新設および改良・再構築の施工事例―」と題して13件について発表していただきます．トンネルは経験工学といわれています．多くの方々の経験から得られた技術を自らのものとするたいへんよい機会と考えます．多数ご参加くださいますようご案内申しあげます．なお，掲載のプログラムは必要に応じ変更する場合がありますのでご了承願います．また，詳細はホームページに掲載しておりますのでご参照願います．

―記―

開催場所：虎ノ門発明会館「地下ホール」(案内図参照)
開 催 日：第74回(山岳)施工体験発表会　平成26年６月24日(火)
　　第75回(都市)施工体験発表会　平成26年６月25日(水)
定　　員：各200名(定員になり次第締切いたします．)
参 加 費：第74回，第75回それぞれ個人会員10,000円，団体会員12,000円，一般15,000円
申し込み問い合わせ先：
　　添付の申し込み用紙に記載のうえ，郵送またはFAXをもってお申し込みください．
　　電話での申し込みは受付けませんので，ご了承願います．
　　(窓口)一般社団法人日本トンネル技術協会施工体験発表会係
　　〒104-0045　中央区築地２-11-26築地MKビル６階
　　FAX：03-5148-3655　TEL：03-3524-1755
支払方法：上記申し込みののち，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名，受付番号を記入のうえ下記へお振込願います．現金書留でも結構です．
　　郵便振替口座00160-7-196331　一般社団法人日本トンネル技術協会
そ の 他：①参加費の払戻しはいたしかねますが，代理参加は差し支えありません．
　　②テキストをCDで事前に送付いたしますので，住所等は必ずご記入願います．
　　※なお，当日は印刷されたテキストを配布いたしませんので各自必要箇所をコピーのうえご持参願います．また，テキストのCDを受領し，参加費未納で欠席した場合は，テキスト代として￥5,000請求させていただきますのでご了解願います．
　　③下記申し込みにかかわる個人情報につきましては，他に利用するものではありません．

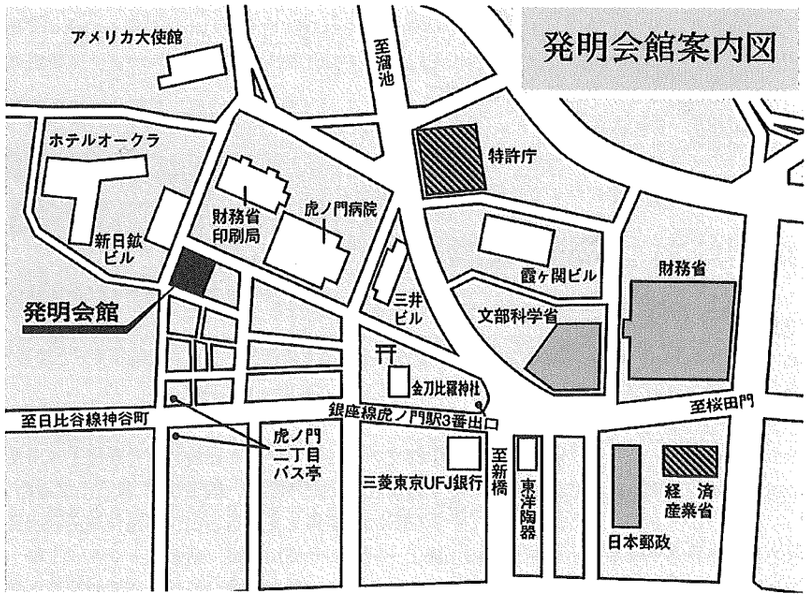
【施工体験発表会参加申込書】

平成26年　月　日

一般社団法人日本トンネル技術協会
施工体験発表会あて
FAX：03-5148-3655　TEL：03-3524-1755

下記のとおり申し込みいたします．

発表会名	□第74回(山岳)，□第75回(都市)(□に✓印願います)		
参加者氏名(ふりがな)		年齢	
電　　話	―　　―		
会 社 名			
住　　所	〒		
所属役職			
会員種別	□個人会員，□団体会員，□一般(非会員)(□に✓印願います)		



虎ノ門発明会館「地下ホール」(案内図参照)
銀座線「虎ノ門」駅　３番出口より徒歩５分
〒105-0001　東京都港区虎ノ門２丁目９番14号
TEL：03-3502-5499

第74回(山岳)施工体験発表会プログラム

「課題克服に取り組んだトンネル工事―新技術，創意工夫，周辺環境への配慮―」

開 催 日：平成26年6月24日(火)

開催場所：虎ノ門発明会館「地下ホール」

司　会　　事業委員会委員(鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長)　西岡　和則

09：30　開会挨拶　　事業委員会委員長(日本交通技術(株)社友)　桑原　彌介

09：35　押出し性地山を曲面切羽と全断面早期閉合工法で施工―中部横断自動車道八之尻トンネル工事―
清水建設・岩田地崎建設共同企業体工事主任　谷村　浩輔

10：00　トンネル中央排水の改善案―上信越自動車道　日暮山トンネル下り線インバート再構築工事―
(株)大林組上信越佐久トンネル工事事務所監理技術者　下村　哲雄

10：25　極寒の山間部において覆工・坑門工コンクリートの長寿命化を目指した創意工夫
―北海道横断道路，カラマン別トンネル―　伊藤組土建(株)土木部工事課所長　齋藤　寛治

10：50　可燃性ガス(メタン)が確認された大断面トンネルの施工―東九州道　猪八重トンネル南新設工事―
(株)安藤・間九州支店土木部猪八重トンネル作業所監理技術者　生悦住賢吾

11：15　【休　憩】

司　会　　事業委員会委員(大成建設(株)土木本部土木技術部トンネル技術室参与)　吉富　幸雄

11：25　非溶結凝灰岩におけるトンネル掘削について―東九州自動車道　山口第1トンネル―
前田建設工業(株)山口第一トンネル作業所所長　横田　裕一

11：50　破砕帯を有する山岳トンネルの小土被り区間での情報化施工―県道間田長浜線　観音坂トンネル―
(株)奥村組新観音坂トンネル工事所現場代理人　真嶋　敏之

12：15　山岳トンネルにおけるモバイル・コンストラクション・システムの活用
―近畿自動車道紀勢線周参見第二トンネル工事―　西松建設(株)西日本支社関西支店工事係長　岩間　史明

12：40　【昼　食】

司　会　　事業委員会委員((株)大林組土木本部生産技術本部トンネル技術部部長)　中間　祥二

13：40　超長尺大口径鋼管先受け工法(LL-Fp工法)の開発と地すべり跡地を呈した坑口部への適用実績
―国道289号7号トンネル工事―　西松建設(株)技術研究所土木技術グループ上席研究員　山下　雅之

14：05　止水ウレタン注入による減水対策の採用と評価
――般国道400号　下塩原第二トンネル(仮称)本体建設工事―
飛島建設(株)首都圏土木支店下塩原トンネル作業所監理技術者　坂本　秀夫

14：30　供用中のトンネル拡幅工事について―国道389号下田南1号トンネル工事―
佐藤工業(株)下田トンネル作業所所長　本多　生悟

14：55　寒冷地における山岳トンネルの施工―美浜東バイパス　佐田トンネル―
(株)鴻池組土木事業本部技術部課長　若林　宏彰

15：20　【休　憩】

司　会　　事業委員会委員(飛島建設(株)土木事業本部土木事業統括部トンネル技術グループ課長)　築地　功

15：30　新型テレスコピックセントル「TAF工法」による覆工コンクリートの施工
――般国道47号　岩古谷トンネル建設工事―
鹿島建設(株)中部支店岩古谷トンネル建設共同企業体工事所長　竹市　篤史

15：55　爆薬の遠隔装填システムによる装填作業の完全自動化への取り組み―国道45号 釜石山田道路工事―
(株)熊谷組東北支店釜石山田道路作業所副所長　野々村嘉映

16：20　地すべり地におけるトンネル坑口部の情報化施工―国道49号揚川改良　新揚川トンネル工事―
五洋建設(株)技術研究所担当部長　本間　宏記

16：45　不法に盛土された沢部直下のトンネル施工―さがみ縦貫道路　葉山島トンネル―
大成建設(株)土木本部プロジェクト部第一プロジェクト室課長　八木　直人

17：10　閉　会

第75回(都市)施工体験発表プログラム

「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工事―新設および改良・再構築の施工事例―」

開 催 日：平成25年6月25日(水)

開催場所：虎ノ門発明会館「地下ホール」

司　会　　事業委員会委員(東京都交通局建設工務部計画改良課改良担当課長)　末富　裕二

09：55　開会挨拶　　事業委員会委員長(日本交通技術(株)社友)　桑原　彌介

10：00　泥土圧シールド前面に出現した転石を施工方法の組合せで撤去
―広島市下水道局　松川地区下水道築造21-7号工事(泥土圧シールド)―
(株)熊谷組九州支店土木部　苑田　康平

10：25　長距離シールドの幅広セグメントの採用と施工時の工夫―日進櫛引排水区下水道工事(北建-21-3)―
佐藤工業(株)土木事業本部技術部担当部長　早川　淳一

10：50　凍結工法を用いた共同溝と分岐シャフトの地中接続について
―大阪北共同溝寝屋川・門真地区洞内設備他設置工事の例―
(株)安藤・間東北支店土木部矢本作業所　本田　葉子

11：15　気泡シールド工事の環境負荷を従来の25分の1に低減―堺石津シールド，平塚貯留シールド―
清水建設(株)土木技術本部シールド統括部課長　安井　克豊

11：40　小口径・長距離で両方向同時掘進するシールドトンネルの施工
―九頭竜川下流(二期)農業水利事業河合春近用水路建設工事―
(株)奥村組東日本支社河合春近作業所　犬飼　貴

12：05　【昼　食】

司　会　　事業委員会委員((株)熊谷組土木事業本部シールド技術部長)　金田　則夫

13：00　予期せぬ地中障害物との遭遇とシールド機内からの地中障害物撤去
―本田～市岡幹線下水管渠築造工事(その4)―　(株)安藤・間大阪支店本田市岡シールド作業所　鳥山　孝治

13：25　シールド工事における地中トンネル接続について―ガス導管シールド(愛知県豊明市)―
(株)大林組 名古屋支店名南幹線工事事務所監理技術者　桜庭　一

13：50　床版同時施工シールド工法(ボックスダンプ工法)―357号線東京港トンネル工事報告―
鹿島建設(株)東京土木支店357号東京港トンネル工事事務所所長　佐藤　拓哉

14：15　長距離・小口径・急勾配シールド工事の設備・施工方法の工夫と実績
―(仮称)新磯子幹線口径1200㎜送水管新設工事―
飛島建設(株)首都圏土木支店新磯子シールド作業所所長　島村　健司

14：40　【休　憩】

司　会　　事業委員会委員(東亜建設工業(株)土木事業本部技術部長)　久多羅木吉治

14：50　残置鋼矢板を泥水シールドで直接切削―東町・吉崎南雨水幹線管渠布設工事―
(株)熊谷組名古屋支店土木部　石川　哲

15：15　24.7%急勾配施工を含む岩盤を対象とした大深度泥水シールドの施工結果
―駿河東清水線新設の内安倍川横断洞道工事―　西松建設(株)関東土木支店土木計画部部長　坪井　広美

15：40　凍結工法を併用した換気所ダクト接続工事
―中目黒換気所ダクト接続工事における補助工法の選定と実施工結果―
(株)熊谷組首都圏支店土木部　山口　武士

16：05　地下鉄営業線改良工事における中床版の受替え施工―有楽町線小竹向原・千川間連絡線設置工事―
東京地下鉄(株)改良建設部第二工事事務所　塚越　力也

16：30　閉　会

7月号予告[7月1日発売予定]

- ●全断面早期閉合の施工管理方法についての一提案
- ●中央新幹線におけるトンネル計画の概要
- ●長野自動車道　一本松トンネル
- ●瑞浪超深地層研究所　研究坑道
- ●東京大学宇宙線研究所　神岡トンネル

【連載講座】

- ●都市トンネルにおける地盤改良工法(2)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆6月12日よりサッカーW杯がブラジルで開催されます．開催1か月前にもかかわらず12会場のうち5会場は完成されておらず，会場変更の可能性もあるとのニュースが報じられました．昨年，同国で開催されたコンフェデレーションカップの際は，教育，健康，治安，公共交通機関など公共サービスが劣悪であるにもかかわらず，W杯に莫大な費用をかけてスタジアムを建設していることへの批判が高まり，全土で延べ数十万人規模のデモが発生したことはみなさんもご存じのことと思います．背景には，いまだに貧富の差が存在し，富める者はいつまでも富み，貧しい者はいつまでも貧しい構造になっているのも原因のひとつのようです．昨年末から今年の初めにかけて起きたタイでの反政府デモも同じような構造の2極化よる市民の怒りのあらわれです．

◆先進国であるわが国では，今のところこのような貧富の差は存在しませんが，今後，都市と地方での地域の2極化が懸念されています．2極化による弊害はどのようなかたちであらわれるかわかりませんが，少子高齢社会となりつつある状況下で，地方から都市への人口の流出を防ぐためにも，どこにいても同じ公共サービスが受けられる社会の構築が急がれます．

◆サッカーは，競技人口2億5千万人，ファンの数35億人とも言われているように世界でもっとも人気のあるスポーツです．その最高の戦いが4年に一度のW杯です．日本との時差が約12時間あり，なかなか生中継を視聴できそうにありませんが，多くの感動を全世界に発信されることを期待しています．

(K.Y)

★購読の申し込み，または，送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください．
★(一社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(一社)日本トンネル技術協会へご連絡ください．

トンネルと地下
第45巻 第6号〔通巻526号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成26年5月20日　印刷
平成26年6月1日　発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長　佐藤　信彦
〒104-0045　東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)
TEL：03-3524-1755
FAX：03-5148-3655
http://www.japan-tunnel.org
発行所　株式会社土木工学社
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂
TEL：03-3267-2888
FAX：03-3267-2807
http://www.tunnel.ne.jp
発行人　山本 育徳
編集人　山本 勝誉
印　刷　新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は，書店または土木工学社へ直接お申し込みください．

■お申し込みの際は，誌名，購読期間，住所，所属，氏名などを明記のうえ，FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください．後日，小社より振込用紙をお送りいたします．

購読料
1冊　1,620円(送料110円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください．
TEL：03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは，著作権上での例外を除き，禁じられております．本誌から複写または転載を希望される方は，小社(03-3267-2888)までご連絡ください．



図書案内

トンネル技術者のための地相入門



大島洋志　監修，木谷日出男　編著
3,200 円＋税　B5 判

トンネルの計画・設計・施工にあたって留意すべき“地相”について，施工事例をもとに，豊富な図版と地形図を用いて，ていねいに解説した，画期的な入門書.

山岳トンネル設計の考え方



今田　徹　著
3,200 円＋税　B5 判

地山の力学状態を表す理論式から導かれる地山挙動の特徴を図表などを用いて手際よく説明した．トンネル掘削における工学的な理解を深化させる一冊.

わかりやすいトンネルの発破技術



山田隆昭　監修
1,500 円＋税　B5 判

火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ，また，火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説.

多様化するシールド掘進技術



シールド工法技術協会　監修
2,500 円＋税　B5 判

近年に開発，実用化された 29 工法を整理，体系化するとともに，各工法の境界，システム・考え方の違い，適用での留意点などをわかりやすく説明した.

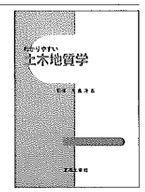
推進工法の理論と実際



マックス・シェルレ　著，野田典宏　訳，
中本　至・石橋信利・金成英夫　監修
8,500 円＋税　B5 判

推進工法の理論を，多くの挿図を用い解説した．日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修.

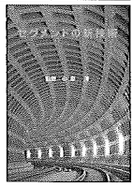
わかりやすい土木地質学



大島洋志　監修
2,500 円＋税　B5 判

土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み，土木工事において問題となる地質事象や，各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた.

セグメントの新技術



小泉　淳　監修
2,000 円＋税　B5 判

1990 年代から急速に機能が拡大したシールド用セグメント 34 種を掲載．セグメントの設計・施工の際に利用しやすいよう各々の特徴を整理して掲載した.

続 きみの庭にも温泉が出る



石井康夫・俣野恭寛　共著
1,200 円＋税　新書判

温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ，今後の温泉開発の考え方を，外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた.

建設工事の保安地質学〔改訂版〕



石井康夫　著
6,000 円＋税　A5 判

建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤などの基礎知識と酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について，著者の経験を交えながらまとめた.

地質工学概論



菊地宏吉　著
4,757 円＋税　B5 判

土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した.

地下水の科学Ⅰ～Ⅲ（全 3 巻）



P.A. ドミニコ・F.W. シュワルツ　共著，
地下水の科学研究会・大西有三　監訳

地球という複雑なシステムを循環する水，とくに地下水循環を考え，汚染地下水など環境問題を地下水理学の立場から取り扱うため，水の物理的・科学的性質，地球の状況，水資源としての地下水の状況，地下水の水理学的特性とその調査方法などをわかりやすく解説した.

第Ⅰ巻　地下水の物理と化学
4,078 円＋税　B5 判
第Ⅱ巻　地下水環境学
4,272 円＋税　B5 判
第Ⅲ巻　地下水と地質
3,689 円＋税　B5 判

書籍のお申し込み　ご注文は当社へ FAX または，書店にてお申し込みください.
FAX は，書名，部数，送り先，氏名，電話番号を明記のうえ右記までお送りください.

シールドトンネルの新技術



シールドトンネルの新技術研究会　編
4,660 円＋税　B5 判

シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した．シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた.

わかりやすいトンネルの力学



福島啓一　著
5,825 円＋税　B5 判

トンネルを掘るときに，どのような力学的な問題が生じるかについて，わかりやすく解説した．トンネル工学の理論と実際が統一されることを願って記された一冊.

ブロック理論と岩盤工学への応用



R.E. グッドマン・G.H. シー　共著，
吉中龍之進・大西有三　共訳
4,855 円＋税　A5 判

岩盤内に分布する不連続面と，掘削面など自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説.

山岳トンネルの新技術



ジェオフロンテ研究会　編
14,573 円＋税　B5 判

NATM によるトンネルを施工する際の基本事項を概説するとともに，1990 年頃までに実用化された各種工法・補助工法について理論から施工のポイントを掲載した.

ジオテキスタイル設計マニュアル



T. A. Haliburton・J. D. Lawmaker・
V. C. McGuffer　共著，
田中　茂・山岡一三・廣田泰久　共訳
8,000 円＋税　A5 判

ジオテキスタイルの交通施設への利用について詳述された 1981 年の報告書を完訳.

岩盤地下空洞の設計と施工



E. フック・E.T. ブラウン　共著，
小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・
北川　隆　共訳
9,800 円＋税　B5 判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した.

建設工事の地質診断と処方



石井康夫・矢嶋壯吉　共著
4,300 円＋税　A5 判

地質の基礎知識を説明して，調査・試験方法とその判断と評価について解説を加え，地すべり・斜面崩壊・山岳・都市トンネル・ダムなどの地質診断の要点を解説.

トンネル工事の衛生と環境保全



臼谷三郎・橋本康孝・友田　孝　共著
3,200 円＋税　A5 判

トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について，医学分野の知見から職業性疾病や有害環境条件，健康障害，衛生管理，保護具などを解説した.

岩盤の計測と解析



鈴木　光　著
4,200 円＋税　A5 判

地質や地盤の事前調査と測定，工事中の施工管理計測，さらには，地盤や構造物の変形や応力分布に関する予測解析などの計測法と解析法を解説した.

わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉



橋本定雄・松本崇義・松本正敏　共著
2,800 円＋税　A5 判

都市の代表的な地下施設である地下鉄，上水道，下水道の各トンネルについて，それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した.

海洋資源開発



稲田善紀　著
3,400 円＋税　A5 判

海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と，マンガンノジュールの鉱物資源，また，海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた.

トンネルと地下



1,500 円＋税　B5 判　月刊（毎月 1 日発売）

日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌．研究，調査・設計から施工にいたるまで，その時点での技術的問題点を中心に，業界の動向などをあわせて網羅しながら，新鮮な情報を提供する.

〒 162-0832　東京都新宿区岩戸町 16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888　FAX: 03 3267 2807　http:/www.tunnel.ne.jp

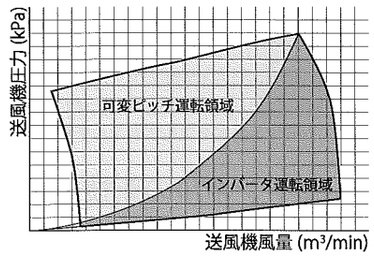
株式会社 土木工学社

トンネル工事の必需品
可変ピッチ軸流送風機　ＢＩＧ－ＬＯＧ



BIG-LOG は当社の開発商品です

○可変ピッチとは……必要に応じ羽根の角度を変えて風量調整をおこなう方式　（右上図）
○風量を減らした場合でも圧力変動が少なくインバーター制御には無い幅広い運転領域を確保できます　（右図）
○風管抵抗に合わせて自動可変をおこない圧損調整をするため無駄な電力を消費しません
○風量設定が数値で出来るため一定風量で運転が可能（風量の見える化）



型　　式	能　　力	電　動　機	騒　音　値 機側 5m
CDH1120-30-60(4)W	1000m³/min × 3.92/4.9kPa 1500m³/min × 3.5/2.6kPa	60kW×4P×2 台 50/60Hz　400/440V	74 ｄB
CDH1250-26-80(4)W	1500m³/min × 3.92/4.9kPa 2000m³/min × 1.76/1.76kPa	80kW×4P×2 台 50/60Hz　400/440V	74 ｄB
CDH1250-26-110(4)W	2000m³/min × 4.11/4.9kPa 3000m³/min × 1.8/2.45kPa	110kW×4P×2 台 50/60Hz　400/440V	74 ｄB
CDH1400-30-175(4)W	3000m³/min × 4.6/4.9kPa	175kW×4P×2 台 50/60Hz　400/440V	77 ｄB

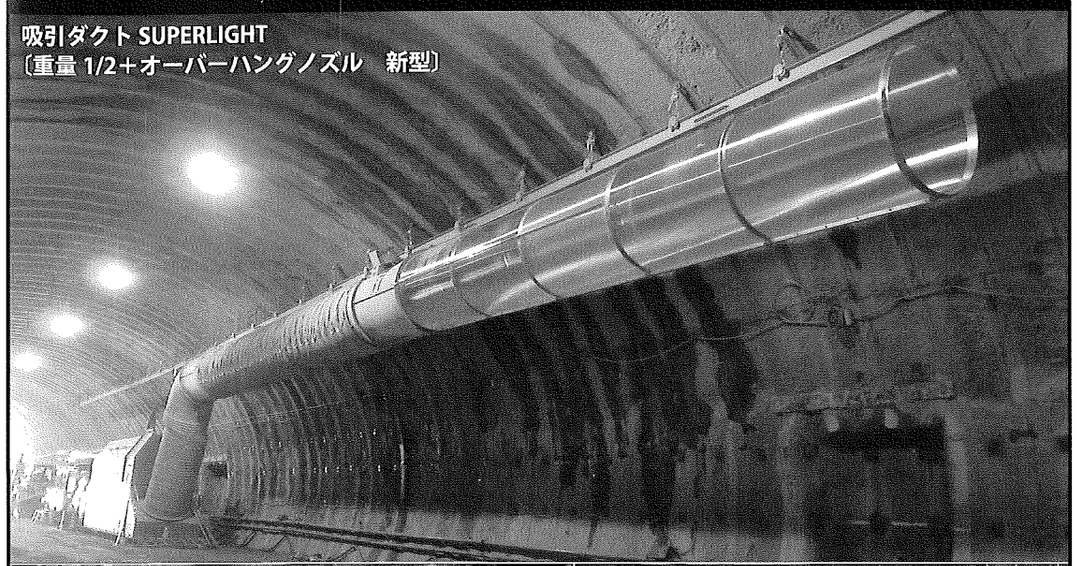
※2 段で記載の機種はどちらか選択ができます

長距離でも無駄な風量を自動制御できるという可変式の特性を活かした省電力システム「ｉ-Ｒｅｓ」を開発しました

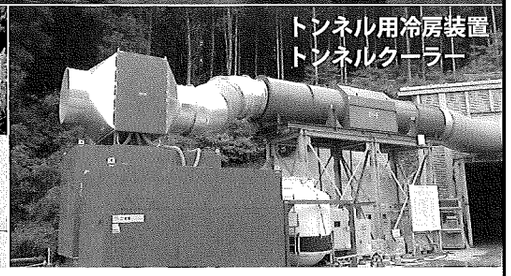
SUGA スガキカイ
菅機械工業株式会社
URL http://www.suga-kikai.co.jp
90th ANNIVERSARY SUGA

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町12番地	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

流機エンジニアリングだから出来ること
お客様の「できたらいいな」を実現します







除染事業対応装置のご提案
『除染作業を大幅に省力化できます』



最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 いちご聖坂ビル
ＴＥＬ：03-3452-7400
ＵＲＬ：http://www.ryuki.com/
E-mail：eigyobu@ryuki.com
(PC・スマホ専用)